Aus der Augenklinik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN DER ANISEIKONIE BEI EMMETROPISCHEN UND AMETROPISCHEN AUGEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Fachbereiche

5 VORKLINISCHE UND THEORETISCHE MEDIZIN UND

6 KLINISCHE MEDIZIN

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

JÜRGEN LAUDERT

aus Duisburg

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555408_0029

Aus der Augenklinik der Westfälischen Wilhelms-Universität
Münster

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN DER ANISEIKONIE BEI EMMETROPISCHEN UND AMETROPISCHEN AUGEN

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Fachbereiche

5 Vorklinische und Theoretische Medizin und
6 Klinische Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Jürgen Laudert

aus Duisburg

1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfä-
lischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan Prof.Dr.Themann

1. Berichterstatter Priv.-Doz.Dr.J.Reiner

2. Berichterstatter Prof.Dr.H.J.Küchle

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet.

Aus der Augenklinik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Referent: Priv.Doz.Dr.J.Reiner Korreferent: Prof.Dr.H.J.Küchle

Z u s a m m e n f a s s u n g

Laudert, Jürgen

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN DER ANISEIKONIE BEI EMMETROPISCHEN UND AMETROPISCHEN AUGEN

Um Beziehungen zwischen stereoskopischem Sehen und Aniseikonie aufzuzeigen, wurden 27 emmetrope und ametrope Probanden untersucht. Dabei wurde erstmalig der verstellbare Aniseikonietest und ein Prototyp des Binoptometers nach REINER verwandt.

Untersucht wurden Pupillendifferenz, Hornhautkrümmung, Visus, Heterophorie, Stereopsis und Aniseikonie. Keinen Einfluß auf das stereoskopische Sehen übte die Größe der Pupillendifferenz aus, sowie der Hornhautastigmatismus bei nichtkorrigierten Probanden. Ebenso konnte eine laterale Heterophorie bei 3 Probanden unberücksichtigt bleiben. Probanden mit niedrigen Fernvisuswerten zeigten demgegenüber ein eingeschränktes stereoskopisches Sehen, wie auch der größte Teil der Probanden, welche eine Aniseikonie aufwiesen.

In Bezug auf die Handhabung des Binoptometers ergaben sich als Besonderheit größere Ungenauigkeiten bei der Dreistrichprobe in der Einstellung der Testobjekte auf mathematisch unendlich, da einer der Balken dieser Probe in einen virtuellen Objektbereich geriet, auf den die Augen des Beobachters nicht akkommodieren konnten. Weiterhin müßte beim Binoptometer für genaue Visusmessungen der Ort der Beobachteraugen genau definiert werden, um zu geringe Visuswerte für mathematisch unendlich und 5m zu vermeiden. Zur Prüfung der Stereopsis erwiesen sich Koinzidenztest und polarisierte Figuren der verwendeten Art als ungeeignet.

Der verstellbare Aniseikonietest nach REINER ergab zuverlässige Werte, zumal mit ihm eventuell vorhandene Heterophorien ausgeglichen werden konnten.

Tag der Promotion: 28.1.1981

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seitenzahl
1.	Einleitung und Fragestellung	1
2.	Einteilung der Aniseikonie	3
	2. 1. Normale Aniseikonie	3
	2. 2. Anomale Aniseikonie	3
	2. 2. 1. Optische Aniseikonie	3
	2. 2. 2. Anatomische Aniseikonie	4
	2. 3. Physiologische Aniseikonie	4
	2. 4. Dioptrische Aniseikonie	4
	2. 5. Funktionelle Aniseikonie	4
	2. 6. Brillen-Aniseikonie	4
	2. 7. Symetrische Aniseikonie (Differences in size)	5
	2. 8. Asymetrische Aniseikonie (Differences in shape)	5
3.	Häufigkeit der Aniseikonie	6
4.	Binokularsehen	8
	4. 1. Binokularsehen 1. Grades	8
	4. 2. Binokularsehen 2. Grades	8
	4. 3. Binokularsehen 3. Grades	9
5.	Symptome der Aniseikonie	10
	5. 1. Die visuellen Symptome	10
	5. 2. Die subjektiven Symptome	12

Seitenzahl

6. Die Korrektion der Aniseikonie 14

6. 1. Iseikonische Linsen (size lenses) 14

6. 2. Anaequidistanzbrille 16

6. 3. Beurteilung der Aniseikoniekorrektion 16

7. Meßmethoden der Aniseikonie 18

7. 1. Das Ophthalmoeikonometer 18

7. 2. Das Raumeikonometer 19

7. 3. Das Halbfeldeikonometer 24

7. 4. Doppelbildmethoden 24

7. 5. Das Maddoxeikonometer 24

7. 6. Das Röhreneikonometer nach BARKER 25

7. 7. Das Synoptophor 26

7. 8. Der Gitternoniushoropter von AMES, OGLE und GLIDDON (1932) 26

7..9. Das Kippfeld von AMES (1935) 26

7.10. Das Logoskop von DE GRAMONT (1941) 27

7.11. Der Leaf-Room von OGLE und AMES (1943) 27

7.12. [illegible] 27

7.13. Das Phasendifferenzhaploskop 28

8. Das Binoptometer nach REINER 30

9. Kasuistik 34

10. Auswertung der experimentellen Untersuchungen 56

Seitenzahl

10. 1. Statistik 56

10. 2. Beschreibung des Kollektives 56

10. 3. Ophthalmometermessung 57

10. 4. Visusbestimmung 59

10. 5. Worth-Test 62

10. 6. Dreistrichprobe 62

10. 7. Koinzidenztest 66

10. 8. Polarisationsteste 68

10. 8. 1. Polarisations-Dreiecktest 69

10. 8. 2. Polarisations-Zifferntest 70

10. 9. Prüfung der Aniseikonie 71

10. 9. 1. Qualitative Prüfung 71

10. 9. 2. Quantitative Prüfung 73

11. Vier ausgewählte Fälle 77

11. 1. Schlechtes stereoskopisches Sehen/ Heterophorie 77

11. 2. Gutes stereoskopisches Sehen / Keine Aniseikonie 77

11. 3. Schlechtes stereoskopisches Sehen / Aniseikonie 78

11. 4. Gutes stereoskopisches Sehen / Aniseikonie 78

12. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlußbemerkung 79

12. 1. Binokularsehen und Aniseikonie 79

12. 2. Handhabung und Beurteilung des Binoptometers 80

Seitenzahl

13. Literaturverzeichnis 83

14. Danksagung 91

15. Lebenslauf 92

16. Anhang I

16. 1. Anmerkungen zur tabellarischen Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse I

16. 2. Tabellarische Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse IV

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Aniseikonie, ein Begriff, der von LANCASTER 1932 geprägt wurde (BANNON 1954), ist im Sinne von AMES (1932) eine Bildungleichheit der Augen. Er umschreibt den Zustand, daß die Bilder, welche dem Kortex von beiden Augen dargeboten werden, in Größe oder Form unterschiedlich sind (DUKE-ELDER 1970). Daß gleichgroße retinale Bilder bei Anisometropie nicht auf beiden Netzhäuten entstehen können, erkannte DONDERS bereits 1864.

Bis in die zwanziger Jahre hinein wurden zahlreiche Versuche unternommen, derartige Bildungleichheiten nachzuweisen; aufgrund mangelhafter klinischer Meßmethoden jedoch mit wenig Erfolg (WADSWORTH 1876, CULBERTSON 1888, GREEN 1889, LIPPINCOTT 1889, RISLEY 1899, DUANE 1901, DELOGE 1906, ERGGELET 1914, CATTANEO 1927).

Die Entwicklung geeigneter Meßmethoden der Aniseikonie, sowie Untersuchungen über ihre funktionelle Bedeutung, gehen auf AMES und seine Mitarbeiter am Dartmouth Eye Institute (1932-1945) zurück (AMES, GLIDDON und OGLE 1932, AMES, OGLE 1932, AMES 1945). Veröffentlichungen im deutschen Schrifttum stammen u. a. von HERZAU (1929-1956), BRECHER (1947), NOTEBOOM (1940-1958) und PIPER (1949).

Sämtliche Messungen basierten auf subjektiven Methoden, so daß das Ziel einer objektiven Aniseikoniemessung nicht erreicht wurde. Dies erscheint auch nach BRECHER (1947) wegen der nur teilweise auf dioptrische Verhältnisse zurückzuführenden Genese

der Aniseikonie nicht möglich. Deshalb hat seit AMES die Aniseikonie nicht den klinischen Stellenwert erreicht, den man ihr anfänglich zubilligen wollte (SACHSENWEGER 1959).

Aufgrund der zahlreichen Beziehungen zwischen asthenopischen Beschwerden, gestörtem Binokularsehen und Aniseikonie ist aber die augenärztliche Diagnostik derartiger Beschwerden unvollständig, "wenn nicht auch die Möglichkeit des Bestehens einer Aniseikonie ausgeschlossen worden ist." (SACHSENWEGER 1976).

In den letzten Jahren hat es an Versuchen nicht gefehlt, eikonometrische Methoden zu verbessern. So z.B. mittels Ultraschall (GERNET, OSTHOLT und WERNER 1971, GERNET 1975, GERNET, OSTHOLT 1975) oder Phasendifferenz - Haploskopie (AULHORN 1966 und 1976).

1977 stellte REINER erstmals ein neues Gerät zur Prüfung des binokularen Sehens vor (REINER 1977), welches u. a. eine Messung der Aniseikonie auf subjektiver Basis ermöglicht. Bevor dieses Gerät zur Untersuchung der Seheigenschaften bei einseitig Aphake eingesetzt werden sollte, erschien es zweckmäßig, Messungen zur Aniseikonie an emmetropen und ametropen Probanden durchzuführen und dabei das Problem der Aniseikonie zu bearbeiten, sowie bisherige Untersuchungsmethoden zu betrachten.

2. EINTEILUNG DER ANISEIKONIE

Nach dem bisherigen Schrifttum läßt sich die Aniseikonie ätiologisch und morphologisch einteilen, wobei sich ätiologisch im amerikanischen und deutschsprachigem Schrifttum zwei unterschiedliche Klassifizierungen herauskristallisiert haben.

DUKE-ELDER (1970) gliedert die Aniseikonie ursächlich wie folgt:

2.1. NORMALE ANISEIKONIE

Sie wird hervorgerufen durch asymetrische Konvergenz der Augen, sowie durch Unterschiede in der nasalen und temporalen Verteilung der Netzhautelemente. Die hierdurch entstehenden Bildgrößenunterschiede sind sehr gering, werden psychologisch kompensiert und dienen als Hilfsmittel unserer steroskopischen Tiefenwahrnehmung.

2.2. ANOMALE ANISEIKONIE

Da die Bildgrößen, die die okzipitale Sehrinde erreichen, einerseits abhängig sind vom dioptrischen System beider Augen, andererseits aber auch von der Ausbreitung der retinalen Elemente, sowie ihrer Verschaltung und Weiterleitung an übergeordnete Stellen, unterscheidet man:

2.2.1. OPTISCHE ANISEIKONIE

Hierbei ist der Größenunterschied bedingt durch Differenzen in der Refraktion beider Augen (Anisometropie) oder durch Unter-

schiede in Form, Brechkraft und Position getragener Korrekturlinsen.

2. 2. 2. A N A T O M I [illegible] A N I S E I K O N I E

Sie ist bedingt durch eine ungleiche dichtemäßige Verteilung von Stäbchen und Zapfen in der Netzhaut beider Augen oder durch inkongruente Weiterleitung der nervösen Impulse von den retinalen Sinneszellen.

SACHSENWEGER (1972) unterteilt demgegenüber die Aniseikonie in:

2. 3. P H Y S I O L O G I S C H E A N I S E I K O N I E,

die der normalen Aniseikonie nach DUKE-ELDER entspricht.

2. 4. D I O P T R I S C H E A N I S E I K O N I E,

entsprechend der optischen Aniseikonie im amerikanischen.

2. 5. F U N K T I O N E L L E A N I S E I K O N I E,

entsprechend der anatomischen Aniseikonie im amerikanischen.

2. 6. B R I L L E N - A N I S E I K O N I E,

die praktisch ausschließlich bei Korrektur einer Anisometropie entsteht und somit zur normalen Aniseikonie nach DUKE-ELDER gehört. In diese Gruppe gehört auch die große Anzahl einseitig

Aphaker, welche mittels Brille bzw. Haftschale korrigiert wurde.

Unabhängig von ätiologischen Gesichtspunkten wurde die Aniseikonie morphologisch von AMES und Mitarbeitern (1932) wie folgt gegliedert:

2. 7. SYMETRISCHE ANISEIKONIE (DIFFERENCES IN SIZE)

Die Bildungleichheit ist auf allen Meridianen gleichmäßig (Aniseikonia totalis, overall aniseikonia) oder erstreckt sich auf nur einen Meridian, während sie auf dem anderen fehlt (Aniseikonia horizontalis, verticalis, obliqua). Diese Form, im amerikanischen meridionale Aniseikonie genannt, hat ihre konkrete Ursache in der Korrektion astigmatischer Augen. Da laut REINER (1968) die anamorphotische Abbildung bei Zylinderlinsen durch unterschiedliche Vergrößerung in den beiden Hauptschnitten eines Systems gekennzeichnet ist, werden z.B. Kreise der Objektebene als Ellipsen, Quadrate als Rechtecke oder Parallelogramme abgebildet. Von Aniseikonia mixta spricht man, wenn totale Aniseikonie mit der in nur einem Meridian gleichzeitig auftritt.

2. 8. ASYMETRISCHE ANISEIKONIE (DIFFERENCES IN SHAPE)

Hierbei ist die Vergrößerung oder Verkleinerung in einem Meridian oder in allen Richtungen nicht konstant, sondern sie ändert ihre Größe stetig oder vollkommen unsymetrisch. Außerdem kann es zu unsystematischen Kombinationen der symetrischen Aniseiko-

nieformen kommen.

3. HÄUFIGKEIT DER ANISEIKONIE

Angaben über die Häufigkeit der Aniseikonie, die sich hauptsächlich im amerikanischen Schrifttum finden, sind unterschiedlich und auch schwer zu beurteilen, da Aniseikonie bei vielen Menschen vorkommt, ohne störende Symptome hervorzurufen. So wird nach SCHOBER (1955) ein Bildgrößenunterschied von weniger als 0,25 % noch nicht bemerkt. Erst bei einer Aniseikonie von mehr als 1 % ist nach HERZAU (1956) die Grenze des Normalen überschritten.

Wie groß die absolute Häufigkeit der Aniseikonie unter der emmetropen und ametropen Bevölkerung ist, ist nicht bekannt. Im Schrifttum findet sich jedoch eine Anzahl von Untersuchungen an verschieden großen Gruppen emmetroper und ametroper Probanden, die Anhaltspunkte für die Beurteilung der Häufigkeit von Aniseikonie geben dürfte.

HUGHES (1937) untersuchte mit dem Ophthalmoeikonometer 650 Patienten mit ophthalmologischen Symptomen. Unter diesen Patienten fand er 43 Emmetrope, von denen 29 eine Aniseikonie von 0,75 % bis 2 % in beiden Meridianen, bzw. von 1,5 % bis 4 % in nur einem Meridian aufwiesen.

BURIAN (1943) stellte bei einer Untersuchung amerikanischer emmetroper Flugschüler am Ophthalmoeikonometer nur Aniseikonien

von 1 % oder weniger fest. Bei 93 % der Probanden betrug die Aniseikonie sogar nur 0,5 % oder weniger. Bei diesen Zahlen muß allerdings infrage gestellt werden, ob mit dem Ophthalmo-eikonometer tatsächlich Aniseikonien von 0,5 % und weniger gemessen werden können. Gegenüber dieser einseitigen Auswahl an Probanden (Flugschüler!) zeigten bei einer Untersuchung am amerikanischen Dartmouth College 33 % der Studenten eine Aniseikonie unter 0,5 %, 70 % eine Aniseikonie von 1 % und weniger, 23 % eine Aniseikonie von 1 % bis 2 % und 7 % eine Aniseikonie von über 2 %.

GILLOTT (1957) fand bei 100 zufällig ausgesuchten Probanden am Space-Eikonometer eine Aniseikonie von mehr als 0,8 % bei 42 der Untersuchten. 7 Probanden wiesen sogar eine Aniseikonie von über 3 % auf. Da das Space-Eikonometer ein absolutes stereoskopisches Sehen voraussetzt, welches wahrscheinlich nicht bei allen Probanden vorhanden war, sind auch diese Angaben mit Vorsicht zu betrachten.

Laut HERZAU (1940) sind Aniseikonien von mehr als 4 % äußerst selten. Geschlecht und Alter haben nach SACHSENWEGER (1972) keinen Einfluß auf die Häufigkeit der Aniseikonie.

4. BINOKULARSEHEN

Wegen des gegenseitigen Abstandes beider Augen erscheinen auf den Netzhäuten unterschiedliche Bilder von der betrachteten Umwelt. Diese Bilder müssen zu einer einheitlichen optischen Wahrnehmung vereinigt werden, ein Vorgang, der als Fusion bezeichnet wird. Dabei unterscheidet man einerseits die motorische Fusion, d.h. die Ausrichtung der Blicklinien auf das betrachtete Objekt andererseits die sensorische Fusion, d.h. die Verschmelzung von Bildern in der Sehrinde, welche vor oder hinter oder auch seitlich vor oder hinter dem fixierten Objekt liegen.

Laut MÜTZE (1972) treten bei der sensorischen Fusion im Binokularfeld, dem Deckungsbild der Sehfelder beider Netzhaute, Spannungen auf infolge der Kontraktion der querdisparaten Bildteile. Diese Spannungen sind Ursache der Wahrnehmung eines Davor oder Dahinter, also der sterischen Tiefenqualität.

Man unterscheidet drei Stufen des Binokularsehens:

4.1. BINOKULARSEHEN 1. GRADES

Es werden gleiche Bilder vereinigt, jedoch ohne Eintritt sterischer Wirkung.

4.2. BINOKULARSEHEN 2. GRADES

Es werden unterschiedliche Bilder vereinigt, die sinngemäß zu-

sammengehören, jedoch ebenfalls ohne Eintritt sterischer Wirkung.

4. 3. BINOKULARSEHEN 3. GRADES

Bei der Vereinigung betrachteter Bilder tritt die sterische Wirkung durch motorische und sensorische Fusion ein.

Bei Aniseikonie haben die Netzhautbilder unterschiedliche Größen. Da jedoch nur die Objekte binokular gesehen werden können, die auf dem Horopter liegen bzw. noch in den Kompensationsbereich des Panum'schen Areals fallen, kommt es bei höheren Aniseikoniegraden nicht mehr zur sensorischen Fusion, bzw. die sensorische Fusion ist eingeschränkt. Somit ist eine der notwendigen Voraussetzungen für ein erfolgreiches Binokularsehen, nämlich die gleiche Größe und Gestalt der retinalen Bilder beider Augen (BLUM 1952), nicht mehr gegeben. Die sich daraus ergebenden Folgen sind im Abschnitt über Symptome der Aniseikonie näher beschrieben.

5. SYMPTOME DER ANISEIKONIE

Das Schrifttum teilt die bei Aniseikonie auftretenden klinischen Symptome in zwei Gruppen:

5. 1. DIE [illegible]

Hierzu gehören Störungen im Bereich des Binokularsehens und der stereoskopischen Wahrnehmung. In Bezug auf das Binokularsehen werden Bildgrößenunterschiede bis zu 5 % kompensiert (BURIAN 1943). Darüber hinausgehende Aniseikoniegrade führen zur Suppression des Bildes auf einem Auge und damit zum Verlust des Binokularsehens oder bei erhaltenem beidäugigem Sehen zu Störungen in Form von Doppelbildern (GILLOTT 1957, BOURDY 1961).

Für funktionell bedeutsamer hält SACHSENWEGER (1972) die Tatsache, daß schon geringe Bildgrößenunterschiede zu Störungen der stereoskopischen Wahrnehmung führen. Diese äußern sich in Raumtäuschungen wie zu Ellipsen verzerrten Kreisen oder geneigten Ebenen und unterschiedlichen Objektgrößen in der entsprechenden Gesichtshälfte (BOURDY 1961).

Abb. 1 stellt eine derartige Raumtäuschung für die horizontale Richtung graphisch dar. Die beiden Augen konvergieren auf den Fixationspunkt, wobei die beiden Punkte P Q für das Augenpaar in der gleichen stirnparallelen Ebene zu liegen scheinen wie der Fixationspunkt. Setzt man nun vor das rechte Auge ein Aniseikonglas, d.h. ein vergrößerndes Glas ohne sonstige optische Wirkung

gen, so projiziert das rechte Auge die Punkte P Q in die Richtungen, die durch die gestrichelten Linien dargestellt sind, weil das Netzhautbild p' q' vergrößert wurde.

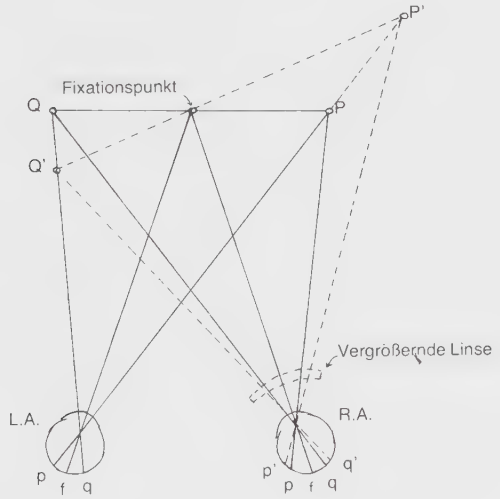


Abb. 1: Auswirkung der Bildgrößenveränderung auf die räumliche Wahrnehmung in horizontaler Richtung.
L.A.=Linkes Auge, R.A.=Rechtes Auge.

Somit erscheint dem Augenpaar die Objektebene P Q um den Fixationspunkt gedreht, wobei sie sich von dem Auge mit dem größeren Netzhautbild weiter entfernt. Ebenso wird die Lage der Punkte im Raumbild verändert sein. DUKE-ELDER (1972) beschreibt derartige Symptome, die durch Vorsetzen einer iseikonischen Linse ohne vergrößernde Wirkung im horizontalen Meridian entstehen, sinngemäß wie folgt (Linse vor dem rechten Auge):

"Von zwei vertikalen Stäben in einer Frontalebene erscheint einer weiter entfernt als der andere. Objekte in der rechten Feldhälfte erscheinen größer und noch weiter entfernt als Objekte derselben Größe und Entfernung im linken Feld. Eine ebene Oberfläche, z.B. ein Tisch, neigt sich nach rechts herunter, während sie nach links ansteigt, und der Boden scheint dieselbe Neigung zu besitzen, so daß der Beobachter glaubt, auf einem Hügel zu stehen. Weiterhin erscheint die rechte Hand größer als die linke, und das Gesicht ist asymetrisch, da die rechte Seite hervorsteht."

Durch sekundäre nichtstereoskopische Anhaltspunkte, sowie durch Erfahrung können diese Raumtäuschungen zwar kompensiert werden, treten aber möglicherweise zum Vorschein, wenn in der Umgebung derartige Anhaltspunkte fehlen (BURIAN 1943). Dies bedeutet, daß Personen mit angeborener Aniseikonie durch diese Raumtäuschungen kaum behindert werden, da sie sich an den Zustand gewöhnt haben, während Personen mit erworbener Aniseikonie, z.B. einseitig korrigierte Aphake, große Schwierigkeiten in ihrer Raumorientierung haben.

5. 2. D I E S U B J E K T I V E N S Y M P T O M E

Die subjektiven Beschwerden bei Vorhandensein einer Aniseikonie werden im wesentlichen durch Anstrengung der Augen hervorgerufen und gleichen denen der Asthenopen. Sie bestehen aus Kopf- und Augenschmerzen, Brennen und Jucken der Augen, unscharfem Sehen, Photophobie, Konzentrationsschwäche, leichter Ermüdbarkeit und

Schwindel, Reizbarkeit und anderen nervös bedingten Störungen (BERENS 1937, MACNIE 1948).

DUKE-ELDER (1970) betont allerdings besonders, daß auch bei Vorliegen hoher Aniseikoniegrade derartige Symptome völlig fehlen können. Dies mag damit zusammenhängen, daß die Toleranz einer Aniseikonie gegenüber individuell sehr unterschiedlich ist. Wie bereits erwähnt können Aniseikonien von 1 % asthenopische Beschwerden hervorrufen (HERZAU 1956), jedoch reichen die Angaben über die cerebralen Kompensationsmöglichkeiten in der Literatur von 5 % (BURIAN 1943, DEYER und OGLE 1960) bis zu 10 - 20 % (TOWN 1939).

6. DIE KORREKTION DER ANISEIKONIE

Die Möglichkeiten, einen optischen Ausgleich der Aniseikonie im linsenhaltigen Auge zu schaffen, basieren laut OGLE (1936) im wesentlichen auf zwei Prinzipien:

- durch Änderung der Dicke und Glasaußenkrümmung der verwendeten Korrektionsgläser und
- durch ungleichen Abstand der Brillengläser vom Hornhautscheitel.

In beiden Fällen wird vor einem oder beiden Augen eine Korrektion gebracht, die ohne sammelnd oder zerstreuend zu wirken eine bestimmte vergrößernde oder verkleinernde Wirkung hat. Dabei wird laut BURIAN (1943) gewöhnlich das kleinere retinale Bild vergrößert.

6.1. ISEIKONISCHE LINSEN (SIZE LENSES)

Die iseikonischen Linsen gehören laut BERG (1938) zu den afokalen Systemen, da sie ähnlich dem Galileischen Fernrohr nur eine Vergrößerung, nicht aber eine merkliche Änderung der Strahlenkonvergenz bewirken. Dies wird erreicht durch eine besondere Dicke und stärkere Durchbiegung der Gläser, wobei laut HUGHES (1935 und 1936) die vergrößernde Wirkung der Dicke und Glasaußenkrümmung direkt proportional ist. Durch Hintereinanderschalten zweier Linsen ist eine derartige Wirkung ebenfalls möglich (NOTEBOOM 1953).

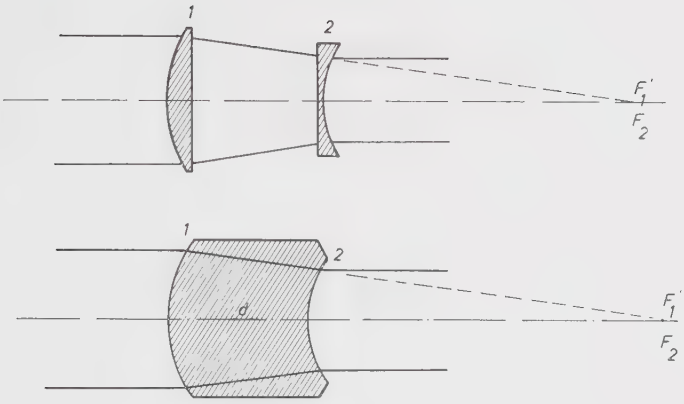


Abb. 2: Identische Wirkung eines Galilei - Fernrohres und der afokalen Linse.

In Abb. 2 ist ein Galilei - Fernrohr dargestellt, welches aus der Sammellinse 1 als Objektiv und der Zerstreuungslinse 2 als Okular besteht. Die gleiche Wirkung ergibt sich bei einer Meniskuslinse, wenn der bildseitige Brennpunkt der ersten brechenden Fläche (1) mit dem dingseitigen Brennpunkt der zweiten brechenden Fläche (2) zusammenfällt. Die Vergrößerung dieser "Null - Linse" ergibt sich aus dem Verhältnis der Brennweiten beider Flächen.

OGLE (1936) gibt als obere Grenze der Verwendungsmöglichkeit für size lenses einen Bildgrößenunterschied von 4 - 5 % an.

Zwar stehen laut SACHSENWEGER (1972) iseikonisierende Linsen in jeder beliebigen Stärke zur Verfügung, jedoch werden die Gläser mit zunehmender vergrößender Wirkung schwerer, unhandlicher und kosmetisch auffälliger.

6. 2. A N A E Q U I D I S T A N Z B R I L L E

Um die erwähnten Nachteile der size lenses bei höheren Aniseikoniegraden zu vermeiden, entwickelte ZOUBEK (1963) die sog. Anaequidistanzbrille. Die Wirkung dieser Brille beruht darauf, daß sich die vergrößernde Wirkung einer Linse mit ihrem Abstand zum Hornhautscheitel ändert. SACHSENWEGER (1972) weist darauf hin, daß diese Methode hauptsächlich der Korrektion von Aniseikonie dient, welche durch Anisometropie hervorgerufen wurde.

6. 3. B E U R T E I L U N G D E R A N I S E I K O N I E - K O R R E K T I O N

Obwohl HARTINGER (1938) mehrere Punkte an den size lenses kritisierte und es ablehnte, durch besondere Sehhilfen eine Gleichheit der Netzhautbildgrößen herbeizuführen, wurden in den 30iger und 40iger Jahren zahlreiche Behandlungserfolge mit iseikonisierenden Linsen veröffentlicht.

So erzielte BIELSCHOWSKY (1938) in 60 % von 3000 Fällen eine Beseitigung oder Linderung der subjektiven Symptome, HUGHES (1935) in 72,8 % von 191 Fallen bzw. 72 % von 60 Fallen.

HARDY (1937) berichtet von 41 % Besserung bei 34 Fällen, CARLTON und MADIGAN (1937) von 67 % in 425 Fällen, während MACNIE (1948) bei 79 % von 463 Fällen erfolgreich die size lenses einsetzte. Allgemein geben BURIAN (1943) und BANNON (1970) nach Analyse der veröffentlichten Statistiken eine Erfolgsquote von durchschnittlich 70 % an.

Derartig gute Resultate bei der Korrektion von Bildgrößendifferenzen führten zur Diskussion darüber, ob die erzielten Erfolge zum Teil auf psychische Faktoren zurückzuführen seien. POST (1946), der in 1500 Fällen bei 80 % eine teilweise und bei 50 % eine völlige Beschwerdefreiheit erreichte, bezeichnet den größten Teil seiner Aniseikoniepatienten als Neurastheniker. Diese sollten eher einer Behandlung durch psychiatrisch vorgebildete Augenärzte zugeführt, als mit iseikonischen Linsen behandelt werden, da mit Besserung der Neurosen auch die subjektiven Beschwerden entfielen.

Eine derartig große Bedeutung psychologischer Faktoren wird allerdings in der Literatur von den meisten Autoren abgelehnt (HARDY 1937, BIELSCHOWSKY 1938, LANCASTER 1938 und 1942, BURIAN 1943, DUKE-ELDER 1970, SACHSENWEGER 1972).

7. MESSMETHODEN DER ANISEIKONIE

Geräte zur Messung der Aniseikonie wurden hauptsächlich in den USA von AMES und seinen Mitarbeitern entwickelt. Sie unterliegen nach SACHSENWEGER (1972) zwei unterschiedlichen Prinzipien:

- Die subjektive Angabe von Verschiebungen im dreidimensionalen Raumempfinden wird gemessen, indem die Aniseikonie durch iseikonische Linsen ausgeglichen wird.
- Die Verschiebungen werden mit beiden Augen direkt verglichen, und der Unterschied gemessen, oder die Aniseikonie wird so lange ausgeglichen, bis eine subjektiv wahrgenommene Streckengleichheit eintritt.

Mit folgenden Geräten sind bisher Messungen der Aniseikonie hauptsächlich vorgenommen worden:

7.1. [illegible]

Dieses Gerät wurde 1932 von AMES und Mitarbeitern entwickelt. Wie auch das ursprüngliche Eikonometer von AMES beruht es auf dem Prinzip des Hering'schen Haploskopes, d.h. jedem Auge wird ein Halbbild durch einen Spiegel dargeboten. Diese Halbbilder, die eine spezielle Testmarkierung enthalten, werden bei binokularer Betrachtung fusioniert. Aus den Abweichungen der Testmarken gegeneinander läßt sich dann der Grad der Aniseikonie ermitteln.

Diese Methode hat sich seit 1932 laut BRECHER (1947) prinzipiell nicht verändert, jedoch wurden zahlreiche technische Verbes-

serungen vorgenommen, wie z.B. die Verwendung von polarisiertem Licht, oder Maßnahmen zur Sicherung der binokularen Fixation, um dem physiologischen Sehvorgang möglichst nahe zu kommen. Diese Verbesserungen führten zur Entwicklung des Standardeikonometers. Mit diesen Geräten können subjektiv Aniseikonien von weniger als 0,25 % gemessen werden. Allerdings haften ihnen zahlreiche Nachteile an, besonders die von BRECHER (1947) bemängelte Manifestation von Heterophorien. Außerdem ist von Nachteil, daß die Objektentfernung "unendlich" künstlich, also mit Hilfe von Lupen dargestellt wird.

7.2. D A S R A U M E I K O N O M E T E R

AMES (1945) entwickelte dieses Gerät, um die Nachteile des Ophthalmoeikonometers auszuschalten. Das Prinzip beruht ausschließlich auf Veränderungen der Stereopsis, da dem Betrachter eine räumliche Anordnung von vertikalen Linien vor und hinter einem Fadenkreuz dargeboten werden (Abb. 3), die sich bei Vorliegen einer Aniseikonie in entsprechender Weise ändert (Abb. 4a-d). Durch Vorsetzen iseikonischer Gläser können dann Richtung und Stärke der Aniseikonie bestimmt werden.

Abb. 5 zeigt die Weiterentwicklung dieses Prüfungssystems, wobei mittels eines Polarisationshaploskopes die oben beschriebene Raumanordnung durch Betrachtung zweier entsprechender Halbbilder dargeboten wird. Nach DUKE-ELDER (1970) ist mit dieser Meßanordnung die beste und einfachste Technik zur Aniseikoniemessung verwirklicht worden. Die Meßgenauigkeit soll 0,07 % betragen.

Da uns dieses Gerät nicht zur Verfügung stand, konnte es bei unseren Untersuchungen nicht mit hinzugezogen werden. Zudem gestattet das Raumeikonometer nur Messungen in einer Entfernung, und hätte zu hohe Anforderungen an das stereoskopische Sehen der Probanden gestellt.

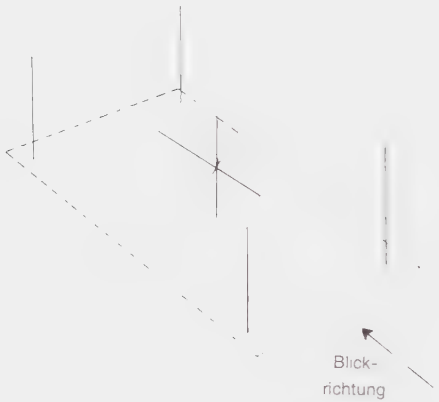
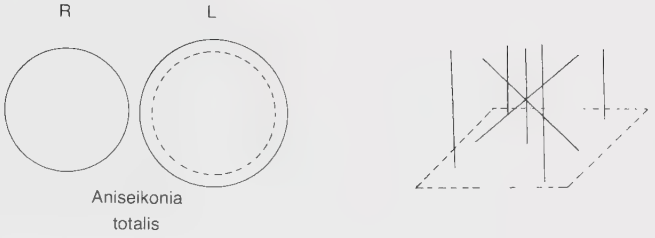
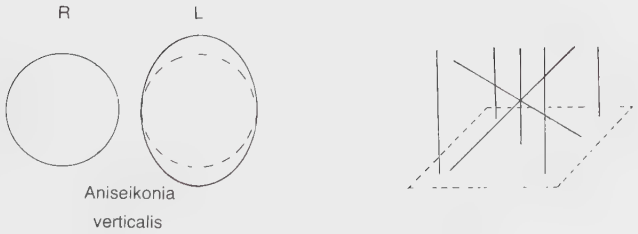


Abb. 3: Prinzip der räumlichen Anordnung der Objekteinzelheiten beim Raumeikonometer.

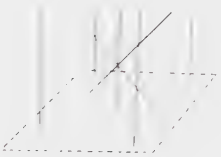


a.) Wahrnehmung bei einseitiger symetrischer Aniseikonie.

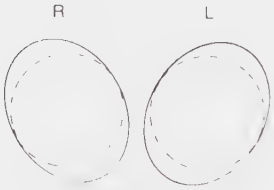


b.) Wahrnehmung bei einseitiger meridionaler vertikaler Aniseikonie.

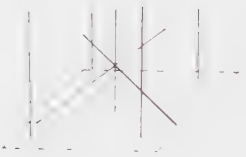
Aniseikonia
horizontalis



c.) Wahrnehmung bei einseitiger meridionaler horizontaler Aniseikonie.



Aniseikonia
obliqua



d.) Wahrnehmung bei schiefer symetrischer meridionaler Aniseikonie.

Abb. 4a-d: Untersuchungsresultate am Raumeikonometer.
Rechts: Testkreuze
Links : Die zu den Veränderungen der Testkreuze gehörige Aniseikonieform.
R=Rechtes Auge, L=Linkes Auge

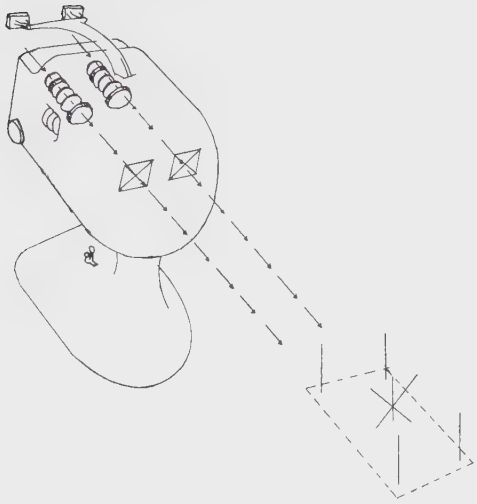


Abb. 5: Schematischer Aufbau des Raumeikonometers auf der Basis eines Polarisationshaploskopes.

7. 3. D A S H A L B F E L D E I K O N O M E T E R

BRECHER (1947) wollte die Nachteile des Eikonometers von AMES durch völlige Ausschaltung der Fusion vermeiden. Sein Halbfeldeikonometer bietet die Endpunkte zweier identischer horizontaler oder vertikaler Strecken dar, wobei jede Strecke nur einem Auge sichtbar ist. Die Verschiebung von Testmarken an den Streckenendpunkten gegeneinander dient dabei zur Messung der Aniseikonie.

SACHSENWEGER (1972) kritisiert an dieser Methode, daß die gegenseitige Fusion der Testmarken nicht immer verhindert werden könnte, wodurch die Brauchbarkeit dieser Methode eingeschränkt würde.

7. 4. D O P P E L B I L D M E T H O D E N

Durch Größenvergleich zweier Doppelbilder, deren Fusion duch Prismen oder Umkehrprismen verhindert wird, versuchte BRECHER (1947) ein technisch einfaches Verfahren zu Aniseikoniemessungen zu schaffen. Sein Nachteil liegt jedoch in der geringen Meßgenauigkeit von etwa 1 %.

7. 5. D A S M A D D O X E I K O N O M E T E R

Laut BRECHER (1947) erlauben die bei Abblendung eines Auges auftretenden Heterophorien, welche Doppelbilder hervorrufen, eine Messung der Aniseikonie. Dieses Prinzip ist im Maddox-

eikonometer verwirklicht, jedoch ist auch diese Methode relativ ungenau, da störende Fusionstendenzen vorhanden sind. BRECHER führt eine Genauigkeitsgrenze von 0,5 % an.

Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß Messungen praktisch nur in der Horizontalen möglich sind, eventuell in der Vertikalen. Die Messung für verschiedene feste Entfernungen wäre allerdings im Prinzip möglich.

7. 6. DAS RÖHRENEIKONOMETER NACH BARKER

Dieses Gerät läßt für eine konstante Entfernung, zumeist optisch unendlich (Testobjekte in der Brennebene von Lupen), den Vergleich der Größe zweier Bilder für eine Entfernung zu. Deren Unterschied wird zur Aniseikoniemessung herangezogen (NOTEBOOM 1940).

Der Nachteil des Röhreneikonometers besteht in der Beobachtung bei eingeengtem Gesichtsfeld und der optischen Abbildung ins Unendliche. Der Proband sieht zwar bei richtiger Einstellung der Testfiguren das Bild im Unendlichen, hat aber den subjektiven Eindruck der Nähe. Dies hat zur Folge, daß ein Konvergenzimpuls ausgelöst wird, was möglicherweise zu Doppelbildern führt, die dann mittels Prismen ausgeglichen werden müssen.

7. 7. DAS SYNOPTOPHOR

Das Synoptophor ist ein Haploskop, welches in der Schieltherapie Verwendung findet. Hierbei werden mit Hilfe von Lupen Testbilder ins Unendliche abgebildet. Mittels beweglicher Arme, an denen Lupen und Testbild befestigt sind, können beliebige Konvergenzwerte eingestellt werden. Eine Messung der Aniseikonie wäre damit bei Anwendung geeigneter verstellbarer Testobjekte möglich.

Weitere Testverfahren, die in den 30iger und frühen 40iger Jahren entwickelt wurden, sollen hier nur kurz erwähnt werden. Es sind dies:

7. 8. DER GITTERNONIUSHOROPTER VON AMES, OGLE [illegible],

welcher sich mit Hilfe der Horopterbestimmung im wesentlichen zur qualitativen Erfassung der Aniseikonie, sowie zu Übersichtsmessungen eignet.

7. 9. DAS [illegible],

welches ebenfalls Aniseikoniemessungen auf Grund der Horopterdrehung erlaubt und von AMES hauptsächlich verwendet wurde, um die am Eikonometer erhobenen Befunde zu überprüfen bzw. zu ergänzen.

7. 10. D A S L O G O S K O P V O N D E G R A M O N T (1 9 4 1),

welches auf dem Prinzip des Haploskopes basiert.

7. 11. D E R L E A F - R O O M V O N O G L E U N D A M E S (1 9 4 3),

bei welchem Verschiebungen in der räumlichen Anordnung von bestimmten Testzeichen unter definierten Voraussetzungen zur Aniseikoniemessung herangezogen werden.

Von den in den letzten Jahren entwickelten Meßverfahren seien im folgenden zwei kurz dargestellt:

7. 12. U L T R A S C H A L L

Unter dem Begriff "augenseitige Optik" faßt GERNET (1974) die Möglichkeit zusammen, die retinalen Bildgrößen aufgrund genauer Ultraschallmessungen in Verbindung mit Ophthalmometrie, Refraktometrie und Zuhilfenahme entsprechender Formeln objektiv zu bestimmen.

Mit dieser Methode läßt sich jedoch laut GERNET und OSTHOLT (1975) nur die aus der unterschiedlichen Baulänge resultierende dioptrische Aniseikonie objektiv bestimmen, während über die funktionelle Aniseikonie keine Aussage gemacht werden kann.

7. 1%. [illegible]

Das Phasendifferenzhaploskop verwirklicht innerhalb haploskopischer Methoden eine neue Methode zur Bildtrennung. Dies wird erreicht durch eine phasenverschobene Unterbrechung des Beobachtungs- und Projektionsstrahlenganges durch Sektorenscheiben (AULHORN 1966, HERZAU, AULHORN 1975). So können Testbilder, deren Fusion unmöglich ist, für das rechte und linke Auge getrennt dargeboten werden, während gleichzeitig der übrige Raum binokular gesehen wird. Die Fähigkeit zum stereoskopischen Sehen ist hierbei nicht nötig, im Gegensatz zum Raumeikonometer nach AMES (LEURIDIAN und NOORDENBOS 1970).

Beim Phasendifferenzhaploskop werden zwei Halbkreise miteinander verglichen. Die quantitative Bestimmung der Aniseikonie erfolgt dadurch, daß man die Größe des einen Halbkreises durch Verstellen eines Vario-Objektives variiert (RÖHR 1975). Die Prüfung kann jedoch nur auf fixe Distanzen, die allerdings verhältnismäßig groß sind (größer als ein Meter) erfolgen. Abb. 6 zeigt ein Beispiel, wobei die Messung der für den Patienten gleich groß erscheinenden Halbkreissehnen ein linksseitig um 25 % vergrößertes Bild ergibt. Es handelt sich um einen Patienten mit rechtsseitiger Emmetropie und linksseitiger Aphakie mit sph + 12 dpt für die Ferne.

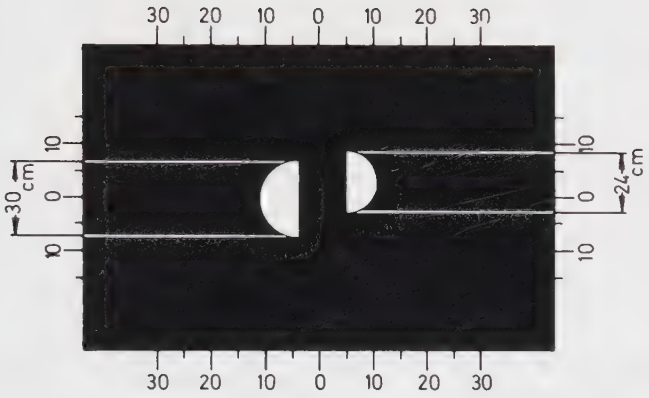


Abb. 6: Prüfung der Aniseikonie mit dem Phasendifferenzhaploskop. Größeres Bild (30cm) dem rechten, kleineres Bild (24cm) dem linken Auge zugehörig. Es besteht eine Konvergenzstellung mit Höherstand des linken Auges.

Laut AULHORN (1976 u. 1978) kann mit dem Phasendifferenzhaploskop die Aniseikoniemessung sehr einfach durchgeführt werden, da der Patient selbst subjektiv den Bildgrößenausgleich vornehmen kann, wodurch die gesamte Aniseikonie, d.h. dioptrische und funktionelle erfaßt wird.

8. DAS BINOPTOMETER NACH REINER

Im Binoptometer nach REINER wurde die Sammellinse, welche im Optometer zur monokularen subjektiven Refraktionsbestimmung vorhanden ist, durch einen Hohlspiegel ersetzt. Durch entsprechende Dimensionierung des Hohlspiegels ist es möglich, das Optometer binokular zu benutzen. Da der Hohlspiegel mit einem teildurchlässigen Planspiegel in geeigneter Weise zu einem System vereinigt ist, erscheinen Testobjekte, die innerhalb der einfachen Brennweite des Optometerspiegels angebracht sind, dem Betrachter im freien Raum. Durch den teildurchlässigen Planspiegel, hinter dem das vom Hohlspiegel entworfene virtuelle Bild erscheint, ist der freie Raum gleichzeitig sichtbar. Somit können beliebig räumliche oder ebene Testobjekte gleichzeitig mit den übrigen Gegenständen der Umgebung, in der die Prüfung stattfindet, beobachtet werden.

Zur Erläuterung dieses Sachverhaltes zeigt Abb. 7 die Anordnung der Spiegel und den Strahlengang im Spiegeloptometer.

REINER (1977) schreibt dazu:
"Der Objektpunkt O wird vom Hohlspiegel M als virtuelles Bild in O' abgebildet. Die vom Hohlspiegel reflektierten divergenten Strahlen treffen auf den teildurchlässigen Planspiegel S. Diese reflektiert die divergenten Strahlen, die von O'' herzukommen scheinen, in das Auge des Beobachters, das sich am Ort des vom Planspiegel abgebildeten Brennpunktes F_s befindet.

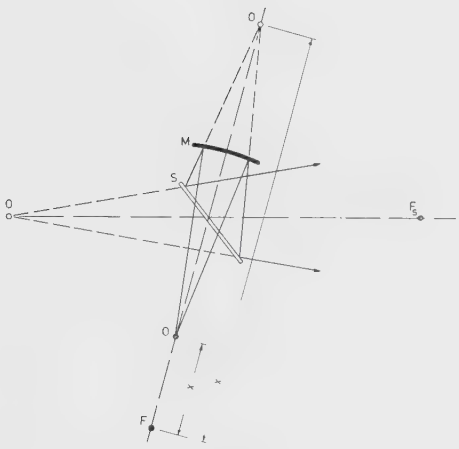


Abb. 7: Strahlengang im Spiegeloptometer bei der Abbildung eines Testobjektes (O), welches innerhalb der einfachen Brennweite des Hohlspiegels liegt. Das Auge des Beobachters befindet sich in F_s.

Zwischen der Lage des Objektpunktes O gegenüber dem Brennpunkt F und der Lage des Bildpunktes O' besteht die nachfolgende Beziehung:

$$x \cdot x' = f^2$$

Hierbei bedeuten x und x' die Brennpunktobjekte bzw. Bildweite und f die Brennpunkte des Hohlspiegels. Verschiebt man den Objektpunkt O in den Brennpunkt F des Hohlspiegels, so entsteht das Bild O'' im Unendlichen. Bei Annäherung des Objektpunktes O bis zum Planspiegel S ergibt sich die nächstmögliche

Entfernung des virtuellen Bildes 0'' mit etwa 350mm. Das Spiegeloptometer gestattet also die binokulare Betrachtung einer Testfigur in verschiedenen Entfernungen zwischen 350mm und Unendlich."

Von der eingestellten Entfernung unabhängig ist die scheinbare Größe der Testbilder, sofern sich das Auge des Beobachters in einem Abstande vom Spiegel befindet, welcher der Brennweite entspricht. Denn durch die Anordnung des Spiegelsystems erscheinen die virtuellen Bilder der Testobjekte stets unter dem gleichen Winkel, so daß ihre scheinbare Größe immer gleich bleibt.

Verglichen mit anderen Methoden zur Prüfung des binokularen Sehens hat das Binoptometer den Vorteil, daß das natürliche Verhältnis zwischen Akkommodation und Konvergenz für jede Entfernung zwischen 350mm und Unendlich ungestört bleibt.

Das Binoptometer stand uns in Form eines Tischgerätes zur Verfügung, welches auf gebogenen Schienen beweglich angebracht war und mittels einer Hydraulik stufenlos in der Höhe verstellt werden konnte. Es handelte sich dabei um einen nicht käuflichen Prototyp des Gerätes (Abb. 8). Im oberen Teil des Gerätes befindet sich eine Durchblicköffnung, durch welche die Testobjekte, gleichzeitig aber auch der freie Raum, gesehen werden können. Da bei unseren Untersuchungen die Durchblicköffnung zum Fenster des Untersuchungszimmers hin ausgerichtet war, erschienen die Testobjekte in der freien Landschaft bei Tage.

Abb. 8: Das binokulare Spiegeloptometer.

Das Gerät enthält verschiedene Mechanismen, durch welche die Testobjekte bewegt und ausgewechselt werden können. Weitere Angaben zu den Testobjekten und ihrer Handhabung erfolgen bei der Darstellung der einzelnen Untersuchungen. Weiterhin enthält das Gerät ein in der Helligkeit regulierbares Beleuchtungssystem, sowie an der rechten Seite zwei Skalen, welche die eingestellte Entfernung angeben.

9. [illegible]

Proband Nr. 1

24 Jahre, mannl., Student.

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,95/8,00	
	LA 8,00/8,00	
Visus:	Unendlich	1,0
	5m	1,6
	0,35m	2,0
worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	4,1
	5m	1,1
	0,35m	0,6
Koinzidenztest:	Unendlich	0,1
	5m	0,0
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe	
Aniseikonietest: (qualitativ)	keine Aniseikonie	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	4,8
	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 2

22 Jahre, männl., Student.

Korrektion:	RA -1,25 D. sph./LA -3,0 D. sph.
Pupillendifferenz:	69mm

Hornhautkrümmung:	RA 8,05/8,05	
	LA 8,10/8,10	
Visus:	Unendlich	0,8
	5m	1,0
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	9,8
	5m	2,2
	0,35m	0,6
Koinzidenztest:	Unendlich	0,1
	5m	0,2
	0,35m	0,1
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest:	Aniseikonie vorhanden in unendlich	
(qualitativ)	und 5m.	
Aniseikonietest:	Unendlich	2,4 %
(quantitativ)	5m	4,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 3

21 Jahre, weibl., Krankenschwester.

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	60mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,50/7,71	
	LA 7,50/7,71	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	Dissoziation in 1m Entfernung	

Dreistrichprobe:	Unendlich	3,3
	5m	0,6
	0,35m	0,5
Koinzidenztest:	Unendlich	0,8
	5m	0,9
	0,35m	0,4
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest:	Aniseikonie vorhanden [illegible]	
(qualitativ)	und 5m	
Aniseikonietest:	Unendlich	2,4 %
(quantitativ)	5m	2,4 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 4

22 Jahre, weibl., Student

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	60 mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,89/7,98	
	[illegible]	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	1,6
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	räuml. Anordnung nicht erkannt
	5m	räuml. Anordnung nicht erkannt
	0,35m	räuml. Anordnung nicht erkannt
Koinzidenztest:	Unendlich	1,6
	5m	1,9
	0,35m	0,3
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	

Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	keine Aniseikonie	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	0,0 %
	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 5

27 Jahre, weibl., Student		
Korrektion:	RA -3,5 D. sph./LA -7,0 D. sph.	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,65/7,70	
	LA 7,90/7,98	
Visus:	Unendlich	1,25
	5m	1,6
	0,35m	1,6
worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	räuml. Anordnung nicht erkannt
	5m	7,9
	0,35	1,5
Koinzidenztest:	Unendlich	3,1
	5m	0,4
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in unendlich und 5m	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	4,8 %
	5m	4,8 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 6

23 Jahre, weibl., Krankenschwester

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	60mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,00/8,24	
	LA 8,04/8,31	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	5,0
	5m	1,8
	0,35m	1,6
Koinzidenztest:	Unendlich	1,8
	5m	1,2
	0,35m	0,1
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich und 5m Stufe 4	
	in 0,35m Stufe 7	
Aniseikonietest:	keine Aniseikonie	
(qualitativ)		
Aniseikonietest:	Unendlich	0,0 %
(quantitativ)	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 7

25 Jahre, männl., Student

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,70/7,85	
	LA 7,78/7,93	

Visus:	Unendlich	0,8
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	1,3
	5m	2,6
	0,35m	0,0
Koinzidenztest:	Unendlich	1,9
	5m	0,5
	0,35m	1,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	keine Aniseikonie	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	0,0 %
	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 8

26 Jahre, männl., Student

Korrektion:	RA -4,25 D. sph./LA -4,0 D. spn.	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,02/8,31	
	LA 8,00/8,29	
Visus:	Unendlich	1,25
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	2,0
	5m	1,7
	0,35m	1,7

Koinzidenztest:	Unendlich	1,5
	5m	1,7
	0,35m	0,9
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	keine Aniseikonie	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	0,0 %
	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 9

33 Jahre, weibl., Student.

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,65/7,85	
	LA 7,96/7,93	
Visus:	Unendlich	1,25
	5m	1,25
	0,35m	1,25
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	2,0
	5m	1,9
	0,35m	1,1
Koinzidenztest:	Unendlich	2,1
	5m	1,1
	0,35m	0,8
Pol.-Dreiecktest:	in unendlich und 5m negativ. in 0,35m positiv.	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich Stufe 5, in 5m Stufe 6. in 0,35m Stufe 7.	

Aniseikonietest:	Aniseikonie vorhanden in unendlich	
(qualitativ)	und 5m.	
Aniseikonietest:	Unendlich	8,0 %
(quantitativ)	5m	4,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 10

27 Jahre, mannl., Student

Korrektion:	RA -0,5 D. sph./LA -0,5 D. sph.	
Pupillendifferenz:	60mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,60/7,75	
	LA 7,56/7,73	
Visus:	Unendlich	2,0
	5m	2,0
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	6,4
	5m	9,4
	0,35m	2,7
Koinzidenztest:	Unendlich	0,4
	5m	0,6
	0,35m	0,4
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest:	keine Aniseikonie	
(qualitativ)		
Aniseikonietest:	Unendlich	0,0 %
(quantitativ)	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 11

24 Jahre, mannl., Student.

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	68mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,90/8,13	
	LA 7,[illegible]/8,[illegible]	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	2,0
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	3,7
	5m	2,5
	0,35m	0,4
Koinzidenztest:	Unendlich	0,1
	5m	0,1
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	keine Aniseikonie	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	2,4 %
	5m	0,8 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 12

18 Jahre, weibl., Student.

Korrektion:	vorhanden, Art und Größe unbekannt
Pupillendifferenz:	60 mm
Hornhautkrümmung:	RA 7,33/7,60
	LA 7,35/7,61

Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	4,9
	5m	5,9
	0,35m	0,8
Koinzidenztest:	Unendlich	1,6
	5m	1,4
	0,35m	0,1
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in unendlich	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	2,4 %
	5m	2,4 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 13

26 Jahre, mannl., Student

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,63/7,82	
	LA 7,60/7,90	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	9,4
	5m	8,3
	0,35m	1,8

Koinzidenztest:	Unendlich	0,6
	5m	1,0
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich Stufe 6, in 5m und 0,35m Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in unendlich und 5m	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	6,4 %
	5m	5,6 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 14

24 Jahre, männl., Student.

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,15/8,25	
	LA 8,25/8,25	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	9,1
	5m	4,2
	0,35m	0,7
Koinzidenztest:	Unendlich	0,8
	5m	0,5
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 6	

Aniseikonietest:	keine Aniseikonie	
(qualitativ)		
Aniseikonietest:	Unendlich	4,8 %
(quantitativ)	5m	4,8 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 15

26 Jahre, weibl., Student		
Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	60mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,80/7,95	
	LA 7,78/7,95	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	1,6
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	4,4
	5m	2,5
	0,35m	1,1
Koinzidenztest:	Unendlich	1,2
	5m	0,3
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest:	Aniseikonie vorhanden in unendlich	
(qualitativ)	und 5m	
Aniseikonietest:	Unendlich	4,0 %
(quantitativ)	5m	3,2 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 16

39 Jahre, männl., Student.

Korrektion:	[illegible] sph.	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,00/8,00	
	LA 7,96/7,95	
[illegible]:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	3,1
	5m	5,6
	0,35m	1,0
Koinzidenztest:	Unendlich	0,5
	5m	0,7
	0,35m	0,2
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe [illegible]	
Aniseikonietest: (qualitativ)	keine Aniseikonie	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	0,0 %
	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 17

26 Jahre, männl., Student.

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	65mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,29/8,23	
	LA 8,19/8,22	

Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	1,6
Wortn-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	3,0
	5m	2,6
	0,35m	0,4
Koinzidenztest:	Unendlich	4,9
	5m	0,5
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in unendlich und 5m negativ,	
	in 0,35m positiv	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich Stufe 0, in 5m Stufe 3,	
	in 0,35m Stufe 7	
Aniseikonietest:	Aniseikonie vorhanden in unendlich	
(qualitativ)	und 5m	
Aniseikonietest:	Unendlich	6,4 %
(quantitativ)	5m	5,6 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 18

30 Jahre, weibl., Büroangestellte.

Korrektion:	RA -1,0 D. sph./LA -0,75 D. sph. -0,5 D. cyl.	
Pupillendifferenz:	62mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,60/7,93	
	LA 7,70/7,88	
Visus:	Unendlich	0,63
	5m	1,25
	0,35m	1,6
Worth-Test:	Dissoziation in 1m Entfernung	
Dreistrichprobe:	Unendlich	12,6
	5m	17,3
	0,35m	1,2

Koinzidenztest:	Unendlich	2,4
	5m	1,5
	0,35m	0,4
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich und 5m Stufe 2, in 0,35m Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in allen Entfernunge	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	8,0 %
	5m	4,8 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 19

34 Jahre, männl., Student

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	63mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,30/7,45	
	LA [illegible]	
Visus:	Unendlich	1,25
	5m	1,25
	0,35m	1,6
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	2,4
	5m	1,3
	0,35m	1,2
Koinzidenztest:	Unendlich	0,5
	5m	0,6
	0,35m	0,4
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich Stufe 4, in 5m Stufe 5, in 0,35m Stufe 6	

Aniseikonietest:	keine Aniseikonie	
(qualitativ)		
Aniseikonietest:	Unendlich	0,0 %
(quantitativ)	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 20

19 Jahre, weibl., Krankenschwester

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	58mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,72/7,90	
	LA 7,77/7,93	
Visus:	Unendlich	1,25
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	räuml. Anordnung nicht erkannt
	5m	räuml. Anordnung nicht erkannt
	0,35m	0,6
Koinzidenztest:	Unendlich	räuml. Anordnung nicht erkannt
	5m	2,2
	0,35m	0,4
Pol.-Dreiecktest:	in unendlich negativ, in 5m und 0,35m positiv	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich und 5m Stufe 4, in 0,35m Stufe 7	

Aniseikonietest:	keine Aniseikonie	
(qualitativ)		
Aniseikonietest:	Unendlich	0,0 %
(quantitativ)	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 21

26 Jahre, männl., Student
Korrektion: [illegible]
Pupillendifferenz: [illegible]
Hornhautkrümmung: RA 7,26/7,40
LA 7,30/7,44

Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	1,6
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	3,2
	5m	2,7
	0,35m	0,8
Koinzidenztest:	Unendlich	0,0
	5m	0,0
	0,35m	0,0

Pol.-Dreiecktest: in allen Entfernungen positiv

Pol.-Zifferntest: in allen Entfernungen Stufe 7

Aniseikonietest: keine Aniseikonie
(qualitativ)

Aniseikonietest:	Unendlich	0,0 %
(quantitativ)	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 22

29 Jahre, weibl., Büroangestellte
Korrektion: keine
Pupillendifferenz: 60mm
Hornhautkrümmung: RA 7,58/7,62
LA 7,58/7,66

Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	5,8
	5m	5,9
	0,35m	räuml. Anordnung nicht erkannt
Koinzidenztest:	Unendlich	1,6
	5m	0,9
	0,35m	1,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in unendlich und 5m Stufe 4, in 0,35m Stufe 5	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in unendlich und 5m.	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	1,6 %
	5m	4,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 23

29 Jahre, weibl., Krankenschwester

Korrektion:	Ra -1,75 D. sph./LA -2,75 D. sph.	
Pupillendifferenz:	55mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,30/8,75	
	LA 8,00/8,26	
Visus:	Unendlich	0,8
	5m	0,8
	0,35m	1,6
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	1,2
	5m	1,7
	0,35m	0,5

Koinzidenztest:	Unendlich	1,3
	5m	0,6
	0,35m	0,1
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in allen Entfernungen	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	4,0 %
	5m	3,2 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 24

24 Jahre, weibl., Krankenschwester

Korrektion:	RA -0,5 D. sph./LA -0,5 D. sph.	
Pupillendifferenz:	61mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,18/8,10	
	LA [illegible]	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,25
	0,35m	2,0
Worth-Test:	Dissoziation in 1m Entfernung	
Dreistrichprobe:	Unendlich	6,6
	5m	3,3
	0,35m	0,7
Koinzidenztest:	Unendlich	1,7
	5m	0,9
	0,35m	0,3
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	

Aniseikonietest:	Aniseikonie vorhanden in unendlich	
(qualitativ)	und 5m	
Aniseikonietest:	Unendlich	0,0 %
(quantitativ)	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 25

37 Jahre, mannl., Arzt

Korrektion:	keine	
Pupillendifferenz:	80mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,85/8,07	
	LA 7,90/8,08	
Visus:	Unendlich	1,25
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	5,0
	5m	2,4
	0,35m	1,3
Koinzidenztest:	Unendlich	0,5
	5m	0,0
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest:	keine Aniseikonie	
(qualitativ)		
Aniseikonietest:	Unendlich	0,0 %
(quantitativ)	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

Proband Nr. 26

20 Jahre, weibl., Student

Korrektion:	RA -1,0 D. sph./LA -2,25 D. sph.	
Pupillendifferenz:	64mm	
Hornhautkrümmung:	RA 8,55/8,62	
	LA 8,50/8,52	
Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	2,0
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	räuml. Anordnung nicht erkannt
	5m	9,4
	0,35m	1,1
Koinzidenztest:	Unendlich	3,3
	5m	1,2
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen [illegible]	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in unendlich und 5m	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	4,8 %
	5m	4,8 %
	0,35m	[illegible]

Proband Nr. 27

31 Jahre, männl., Student

Korrektion:	RA -1,5 D. sph./LA -1,5 D. sph.	
Pupillendifferenz:	61mm	
Hornhautkrümmung:	RA 7,78/7,80	
	LA 7,80/7,84	

Visus:	Unendlich	1,6
	5m	1,6
	0,35m	1,6
Worth-Test:	keine Dissoziation	
Dreistrichprobe:	Unendlich	2,4
	5m	3,1
	0,35m	0,3
Koinzidenztest:	Unendlich	0,5
	5m	0,1
	0,35m	0,0
Pol.-Dreiecktest:	in allen Entfernungen positiv	
Pol.-Zifferntest:	in allen Entfernungen Stufe 7	
Aniseikonietest: (qualitativ)	Aniseikonie vorhanden in unendlich und 5m	
Aniseikonietest: (quantitativ)	Unendlich	0,0 %
	5m	0,0 %
	0,35m	0,0 %

10. AUSWERTUNG DER EXPERIMENTELLEN UNTERSUCHUNGEN

10.1. STATISTIK

Als statistische Methoden wurden bei der Auswertung der experimentellen Untersuchungen verwandt:

- Lagekenngrößen (arithmetischer Mittelwert).
- Streuungskenngrößen (Spannweite, empirische Standardabweichung s).
- Graphische Darstellung der empirischen Häufigkeitsverteilung (Histogramm).

10.2. BESCHREIBUNG DER PROBANDEN

Untersucht wurden am Binoptometer nach REINER 27 Probanden, von denen 14 männlichen und 13 weiblichen Geschlechts waren. Das Durchschnittsalter betrug 26,4 Jahre, wobei der älteste Proband 39 und der jüngste 18 Jahre alt war (s = 5,2). Diese einheitliche Altersstruktur wurde gewählt, damit möglichst Personen mit gleicher Beobachtungsgabe zur Verfügung standen.

Fast alle Probanden waren im medizinischen Bereich tätig, sei es als Arzt, Medizinstudent oder examinierte Krankenschwester, wodurch sich eine gute Kooperationsbereitschaft bei der Durchführung der verschiedenen Untersuchungen ergab. Alle Probanden wurden über Ziel und Inhalt der Untersuchung informiert.

15 Probanden waren emmetrop, während 12 Probanden eine geringgradige Refraktionsanomalie aufwiesen. Diese war in 9 Fällen bereits mittels Brille bzw. Kontaktlinse auskorrigiert. Durch Vorschalten einer Minus-Linse von 0,5 Dioptrien erreichten die restlichen Probanden einen für die Untersuchung ausreichend guten Visuswert. Von den bereits durch ihren Augenarzt korrigierten Probanden konnten 8 Angaben über die Höhe ihrer Refraktionsanomalie machen. Dabei betrugen die Refraktionsdifferenzen zwischen beiden Augen: 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,75 und 3,5 Dioptrien.

10. 3. OPHTHALMOMETERMESSUNG

Die Untersuchung der Hornhautkrümmung wurde am Littmann-Ophthalmometer durchgeführt. Die dabei gefundenen drei höchsten Werte für den Hornhautastigmatismus sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 2 zeigt die zu Tabelle 1 gehörigen Korrektionswerte der verwendeten Brillen, sowie die von den jeweiligen Probanden erreichten Visuswerte.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, konnten auch Nichtkorrigierte mit Hornhautastigmatismus einen hohen Nah- und Fernvisus erreichen.

Proband	Astigmatismus RA		Differenz
	s	w	
Nr. 23	9,30	9,70	0,40
Nr. 18	7,60	7,90	0,30
Nr. 8	4,00	5,71	0,00

Proband	Astigmatismus LA		Differenz
	s	w	
Nr. 13	7,60	7,90	0,30
Nr. 8	3,00	3,29	0,29
Nr. 6	3,04	3,31	0,27

Tabelle 1: Die jeweils drei höchsten Werte für den Hornhautastigmatismus.
RA=Rechtes Auge, LA=Linkes Auge, s=senkrecht, w=waagerecht.

Proband	Korrektion (dpt.)		Visus	
			0,25-	0,5
Nr. 6	RA: keine		1,60	2,0
	LA: keine			
Nr. 8	RA: -4,25 sph.		1,60	2,0
	LA: -4,00 sph.			
Nr. 13	RA: keine		1,60	2,0
	LA: keine			
Nr. 18	RA: -1,00 sph.		1,60	2,0
	LA: -0,25 sph./-2,5 cyl.			
Nr. 23	RA: -1,75 sph.		0,80	1,6
	LA: -2,75 sph.			

Tabelle 2: Korrektionswerte der drei höchsten Astigmatismusfälle mit zugehörigem Visus.
RA=Rechtes Auge, LA=Linkes Auge, dpt=Dioptrie, sph=sphärisch, cyl=cylinder.

10. 4. V I S U S B E S T I M M U N G

Die Prüfung der Sehschärfe wurde mit Landolt-Ringen verschiedener Größe durchgeführt, welche auf zwei Testscheiben in jeweils 8 verschiedenen drehbaren Feldern untergebracht waren. Somit konnten ihre Öffnungen, die dem normalsichtigen Auge unter dem Winkel einer Bogenminute erscheinen, in unterschiedliche Positionen gebracht werden.

Die jeweils einen bestimmten Visuswert repräsentierenden Landolt-Ringe wurden in einem Abstand von 0,35m, 5m und mathematisch unendlich in je vier bis sechs unterschiedlichen oder gleichen Positionen unter gleichen Umfeldbedingungen dargeboten. Die zur Prüfung gewählte Leuchtdichte betrug 300 cd/m^2. Dabei war es aufgrund des Prinzips des Binoptometers möglich, auch hohe Visuswerte (Visus 2,0) zu messen.

Der Vergleich der monokular gefundenen Visuswerte zeigt bei einigen Probanden (z.B. Nr. 1, 2, 11, 25) kleine Abweichungen zwischen mathematisch unendlich und 5m. Diese finden sich hauptsächlich bei den nichtkorrigierten Probanden und lassen sich durch das Vorhandensein einer geringgradigen Myopie erklären.

Die Untersuchungen zeigen, daß grundsätzlich für unendlich und 5m niedrigere Visuswerte erzielt wurden als für 0,35m (Abb. 9). So erreichten z.B. 17 (63 %) der Probanden einen Visus von 2,0 in 0,35m Entfernung, während in 5m Entfernung und unendlich nur 3 (11,1 %) der Probanden diesen Visus aufwiesen.

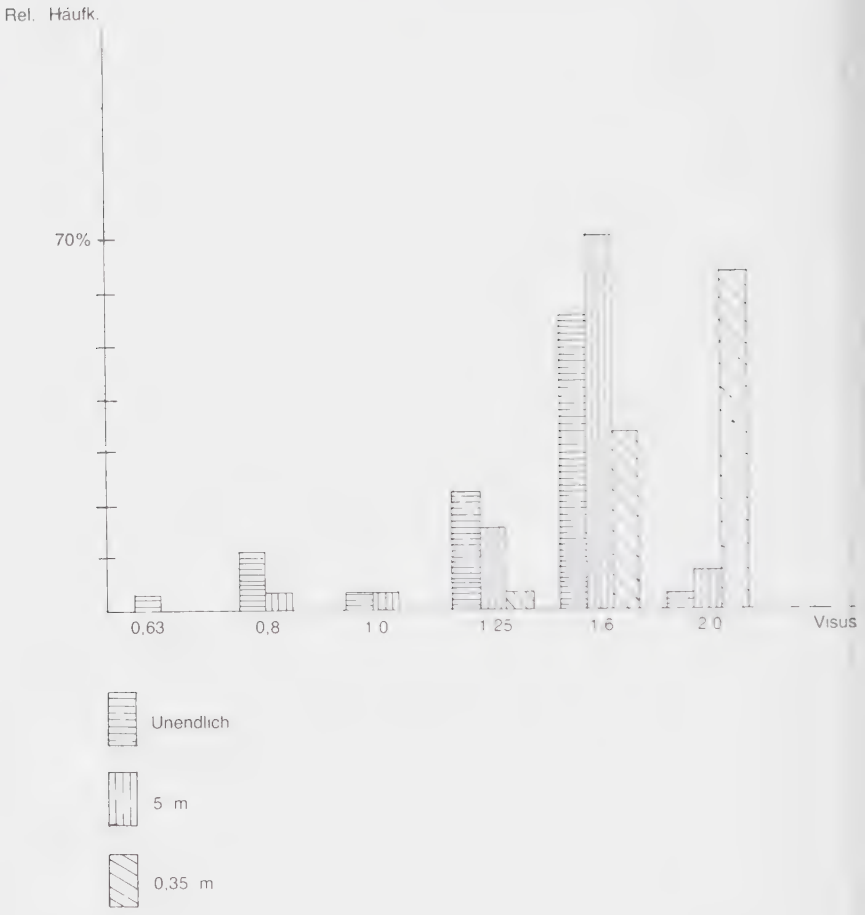


Abb. 9: Relative Häufigkeiten der größtmöglichen Visuswerte beider Augen.

Dieses Ergebnis ist zunächst überraschend. In der Literatur wird zumeist angegeben, daß der maximale Visus in einer größeren Entfernung liegt (BOUMA 1936). Dieser Widerspruch ist nur scheinbar. Tatsächlich sind die Ergebnisse richtig und darauf zurückzuführen, daß das Binoptometer Optotypen in verschiedener Entfernung unter verschiedenen Winkeln erscheinen läßt. Im Idealfall müßte es so sein, daß der Ort der Augenpupillen des Beobachters in der Brennebene des Hohlspiegels liegt (siehe Abb. 7 u. 10). Diese Voraussetzung wäre gegeben, wenn sich die Augen des Beobachters in einem Abstand von etwa 20cm hinter der Durchblicköffnung des Gerätes befinden würden. Dies ist jedoch bei der normalen Beobachtung nicht gegeben.

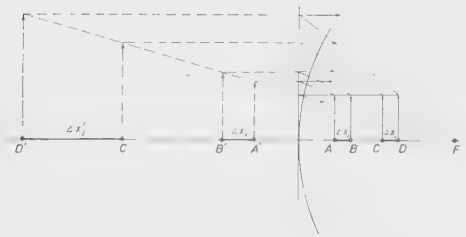


Abb. 10: Gesetzmäßigkeiten bei der Tiefenabbildung.

Wenn man die Abb. 10 betrachtet, so erscheinen die Bilder in den Punkten A', B', C' und D' alle unter dem gleichen Winkel, wie man sie aus dem Punkt F' betrachtet. Befindet sich der Beobach-

ter innerhalb der einfachen Brennweite des Hohlspiegels, so daß sein Auge z.B. mit dem Punkt C' zusammenfällt, so werden nähere Bilder (A') unter einem größeren Winkel erscheinen als entferntere Bilder (z.B. D'). Dieser Umstand hat zur Folge, daß man (scheinbar) höhere Visuswerte für die Nähe erreicht als für die Ferne.

Für genaue Visusmessungen müßte daher der Ort der Beobachteraugen beim Binoptometer genau definiert werden, und er müßte in einem Abstand der Brennweite vom Hohlspiegel des Gerätes liegen.

10. 5. W O R T H - T E S T

Zur Prüfung binokularer Funktionen wurde in einem Abstand von 1m und 5m der Worth-Test angewandt. Es fanden sich 3 unter den 27 Probanden, bei denen sich eine Dissoziation der Figuren des Worth-Testes zeigte. Bei diesen Probanden lag scheinbar eine laterale Heterophorie vor. Weitere Untersuchungen der Heterophorie sind nicht durchgeführt worden.

10. 6. D R E I S T R I C H P R O B E

Zu den genauesten Methoden zur Prüfung der Stereopsis, bzw. des Tiefenunterscheidungsvermögens, gehört die Dreistrichprobe nach Hering. Diese ist im Binoptometer verwirklicht.

Der Proband beobachtete unter photopischen Bedingungen drei senkrechte Stäbchen, die vor einem hellen Hintergrund (Leucht-

dichte 300 cd/m^2) erschienen, wobei sich die beiden seitlichen Stäbchen gegenüber dem mittleren verschieben ließen. Mittels einer rechts am Gerät befindlichen Einstellschraube sollte der Proband die vorher vom Prüfer verstellten Stäbchen so verschieben, daß sie in einer Reihe, parallel zur Frontalebene, zu liegen kamen. Der Fehler, den der Proband bei seiner Einstellung machte, und der ein Maß für sein stereoskopisches Sehvermögen darstellt, konnte an einer Skala an der Einstellschraube abgelesen werden. Dabei gilt für eine Pupillendifferenz von 65mm: 1 Skalenteilstrich = 1 Winkelminute (Begründung siehe unten).

Aufgrund der Gesetzmäßigkeiten der Tiefenabbildung durch optische Systeme, sowie der Gesetzmäßigkeiten des Tiefensehens, ist nach REINER (1977) der Fehler, der bei der Einstellung der drei Stäbchen entsteht, von der Entfernung unabhängig. Daraus folgt, daß der gleiche Proband, unabhängig von der Entfernung, stets den gleichen Einstellfehler wiederholen muß, sofern sein stereoskopisches Sehvermögen von anderen Faktoren als der Breitenwahrnehmung unabhängig ist.

Dieser Sachverhalt wird von REINER (1977) mathematisch wie folgt beschrieben:

$$\Delta x = \frac{b \cdot \rho''}{f^2 \cdot \Delta w}$$

Hierbei bedeuten Δx die Verschiebung, die die seitlichen Stäbchen gegenüber dem mittleren erfahren, b der Augenabstand f die Brennweite des Hohlspiegels, Δw die Breitenwahrnehmung (Noniensehschärfe und ρ'' der Umrechnungsfaktor für Bogen- und

Winkelsekunden. Einzelheiten zur Entwicklung dieser Formel entnehme man der Veröffentlichung von REINER (1977).

Zur Interpretation dieser Formel schreibt REINER (1977):
"Aus dieser Formel geht hervor, daß bei der Beobachtung optisch in verschiedenen Tiefen abgebildeter Objekte die Verschiebung Δx im Objektraum von der Brennweite des abbildenden Systems, vom Winkel Δw und vom Augenabstand b des Beobachters abhängig ist. Die Verschiebung Δx ist unabhängig von der Entfernung. Für ein und denselben Probanden mit der gleichen Breitenwahrnehmung Δw ergibt sich daher stets die gleiche Verschiebung Δx, um im Bildraum die entsprechend eingestellten , in der Tiefe versetzten Testfiguren zu erkennen. Die Verschiebung im Bildraum wird je nach der eingestellten Entfernung verschieden sein. Es ergibt sich allerdings für jede Einstellung der gleiche Winkel Δw, wenn der Augenabstand b konstant bleibt. Daher kann an der Skala des Spiegeloptometers ein Wert abgelesen werden, der bei Kenntnis des Augenabstandes den Winkel Δ ergibt."

Bei der Untersuchung wurden den Probanden in 0,35m, 5m und mathematisch unendlich jeweils 10 verschiedene Einstellungen, d.h. Abweichungen der seitlichen von dem mittleren Stäbchen dargeboten. Für jede Entfernung wurde dann aus den vom Proband erzielten Einstellfehlern der Mittelwert berechnet.

Die Untersuchungen zeigen, daß sehr große Unterschiede im Tiefenunterscheidungsvermögen vorhanden sind (siehe Zusammenfassung der Ergebnisse im Anhang). Die durchschnittlichen Einstellfehler

reichen von 0 bis 17,3 Skaleneinheiten. Es ist nun zu prüfen, welche Korrelation zwischen Visus und Ergebnissen der Dreistrichprobe (= Tiefenunterscheidungsvermögen) besteht. Die Probanden mit den niedrigen Fernvisuswerten zeigten auch Unsicherheiten bei der Einstellung der Dreistrichprobe, bzw. die sich ergebenden Fehler sind groß (z.B. Nr. 2, 5, 18, 22, 24, 25). Eine Ausnahme bildet der Proband Nr. 23, bei dem trotz relativ niedriger Visuswerte eine gute Reproduzierbarkeit der Dreistrichprobe und auch des Koinzidenztestes (siehe unten) gegeben ist.Andererseits gibt es Probanden, die trotz hohem Visus relativ große Ungenauigkeiten bei der Dreistrichprobe zeigten (z.B. Nr. 10).

Bei der Dreistrichprobe ergibt sich die größere Ungenauigkeit bei der Einstellung des Testobjektes auf mathematisch unendlich. Hierbei wurde auch ein Effekt beobachtet, daß beim Einstellen der Dreistrichprobe der eine Balken aus mathematisch unendlich in einen virtuellen Objektbereich rutscht, der sich - wie der Fernpunkt eines übersichtigen Auges - hinter dem Beobachterauge befindet. Da auf diese Entfernung nicht akkommodiert werden kann, erscheint das entsprechende Stäbchen dem Beobachter unscharf, wenn dieser richtig auskorrigiert ist. Dieser Effekt konnte im Verlauf der Untersuchung nicht mehr berücksichtigt werden.

Auch bei der Dreistrichprobe zeigt sich, daß eine nähere Einstellgenauigkeit zu beobachten war bei 0,35m (s = 0,59) gegenüber größeren Entfernungen wie 5m (s = 3,77) und mathematisch unendlich (s = 2,99). Dieser Umstand ist auf den gleichen Effekt

zurückzuführen wie der höhere Visus für die Nähe. Die Beobachteraugen befanden sich innerhalb der einfachen Brennweite des Hohlspiegels, wodurch sich eine noch kürzere Entfernung ergab als die, welche im Gerät angezeigt wurde (siehe Abb. 10).

10. 7. K O I N Z I D E N Z T E S T

Zusätzlich zur Dreistrichprobe nach Hering wurde zur Prüfung des stereoskopischen Sehens der Koinzidenztest durchgeführt. Hierbei werden zwei übereinanderliegende Stäbchen gegenseitig verschoben. Bei richtiger Einstellung befinden sie sich exakt übereinander. Dabei erfolgt die Einstellung mit der gleichen Einstellschraube wie die der drei Stäbchen. Umfeldbedingungen und Durchführung der Messungen entsprach derjenigen bei der Dreistrichprobe.

Der Vergleich der Ergebnisse zwischen Dreistrichprobe und Koinzidenztest zeigt keine absolute Übereinstimmung. Zahlreiche Probanden erreichten eine hohe Genauigkeit mit dem Koinzidenztest, während ihre Einstellungen bei der Dreistrichprobe ungenau waren (z.B. Nr. 2, 10, 13, 14, 16, 21, 25).

Abb. 11 verdeutlicht diesen Sachverhalt, wobei Probanden, welche die räumliche Anordnung der Stäbchen in beiden Testen nicht erkennen konnten, unberücksichtigt blieben.

Der Koinzidenztest ist zugleich ein Intelligenztest. Auch Einäugige können damit eine genaue Koinzidenzeinstellung vornehmen, wenn ihnen das Prinzip klar geworden ist. Für die qualitative

Prüfung der Stereopsis ist dieser Test nicht geeignet.

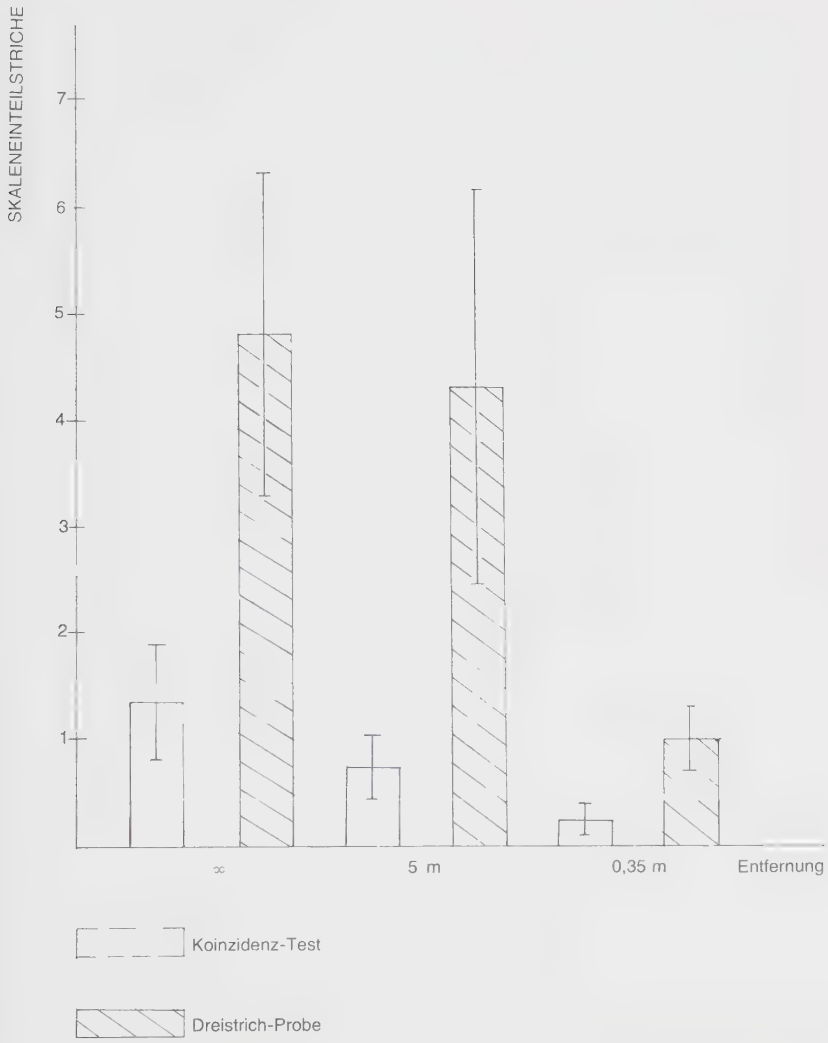


Abb. 11: Vergleich der durchschnittlichen Einstellfehler und ihrer Streuung bei Koinzidenztest (n=26 bei unendlich, n=27 bei 5m u. 0,35m) und Dreistrichprobe (n=23 bei unendlich, n=25 bei 5m u. 0,35m).

10. 8. P O L A R I S A T I O N S T E S T E

In der ophthalmologischen Praxis wird die Stereopsis zumeist mit polarisierten Testfiguren geprüft. Hierbei allerdings ergibt sich ein unechtes stereoskopisches Sehen. Die polarisierten Figuren befinden sich in einer Ebene, auf die das Augenpaar akkommodiert. Teile der Figuren erscheinen durch entsprechende Trennung und Disparation in verschiedenen Ebenen. Damit ergibt sich eine Diskrepanz zwischen Akkommodation und Konvergenz. Beobachtet das Augenpaar näher liegende Teile der Figur, so wird es bei gleicher Akkommodation (um scharf zu sehen) mehr konvergieren müssen, wogegen bei weiter entfernt liegend erscheinenden Teilen der Figur bei gleicher Akkommodation weniger konvergiert werden muß, um fusionieren zu können. Diese Diskrepanz ist störend und hat zur Folge, daß manche Personen, die ein sonst ausreichendes stereoskopisches Sehen haben, solche polarisierten Figuren nicht als räumliche Gebilde zu erkennen vermögen. Bei anderen dauert es eine mehr oder weniger lange Zeit, bis sie in der Lage sind, die Figur als räumliches Gebilde zu erkennen. Zumeist sind polarisierte Testfiguren zur Prüfung des stereoskopischen Sehens relativ grob ausgelegt, damit sie ohne Schwierigkeiten erkannt werden können.

Mit dem Spiegeloptometer, das zur Polarisation entsprechend orientierte Analysatoren fest in der Durchblicköffnung eingebaut hat, wurden den Probanden zwei verschiedene polarisierte Testfiguren dargeboten. Dabei war die Helligkeit der Testfiguren stets so groß, daß die Lichtverluste durch die Analysatoren vernachlässigt werden konnten (Die Leuchtdichte betrug 150 cd/m^2).

Geprüft wurde wieder in den Entfernungen 0,35m, 5m und mathematisch unendlich.

10. 8. 1. P O L A R I S A T I O N S - D R E I E C K T E S T

Dieser Test (Abb. 12), bei dem der Proband einen Kreis als vor zwei mit der Spitze gegenüber aufeinanderstehenden Dreiecken erkennen sollte, wurde von fast allen Probanden mit Erfolg durchgeführt.

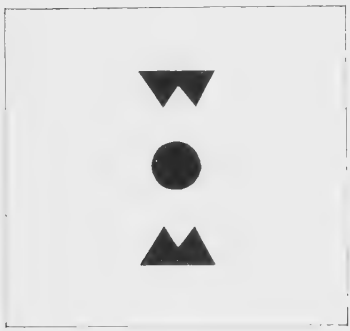


Abb. 12: Der Polarisations-Dreiecktest. Die beiden sich überschneidenden Dreiecke sind gegensätzlich polarisiert.

Lediglich drei Probanden konnten in der Ferneinstellung die räumliche Anordnung der Testfigur nicht erkennen.

10. 5. [illegible]

Diese Testfigur bestand aus 7 untereinander angeordneten waagerechten Ziffernreihen. In jeder dieser Reihen befand sich eine polarisierte Ziffer, welche sich in abnehmender Deutlichkeit von Reihe 1 bis 7 von den übrigen Ziffern räumlich abhob. Auch dieser Test wurde von fast allen Probanden erfolgreich durchgeführt.

Da laut REINER (1977) systematische Untersuchungen noch nicht durchgeführt worden sind, welche das stereoskopische Sehen mit natürlichen räumlichen Testfiguren (Dreistrichprobe) und verschiedenen polarisierten Stereotesten vergleichen, wären jetzt die Ergebnisse der Dreistrichprobe und des Polarisationstests mit Ziffern gegenüberzustellen. Wie die Zusammenfassung der Ergebnisse im Anhang zeigt, waren die Ziffern leichter zu erkennen, so daß Probanden mit relativ ungenauen Einstellwerten bei der Dreistrichprobe (z.B. Nr. 2, 4, 5, 10, 12, 24, 26) die polarisierten Stereobilder eindeutig erkannt haben.

Für genaue Messungen des stereoskopischen Sehens sind polarisierte Figuren solcher Art ungeeignet.

10. 9. PRÜFUNG DER ANISEIKONIE

Die Prüfung der Aniseikonie erfolgte sowohl qualitativ mit dem Polarisations-Rechtecktest (senkrecht) (Abb. 13), als auch quantitativ mit dem verstellbaren Aniseikonietest nach REINER. Geprüft wurde bei den Entfernungen 0,35m, 5m und unendlich. Die Leuchtdichte im Gerät betrug 150 cd/m².

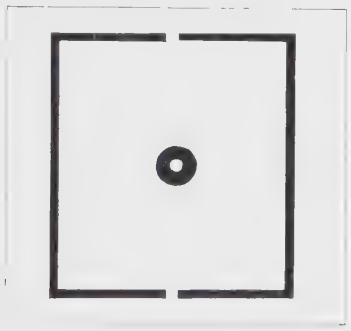


Abb. 13: Der Polarisations-Rechtecktest (senkrecht). Die einander zugewandten Haken sind gegensätzlich polarisiert.

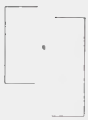
10. 9. 1. QUALITATIVE PRÜFUNG

Der Polarisations-Rechtecktest (senkrecht) dient der Bestimmung vertikaler Heterophorien und deckt Größenunterschiede der monokularen Seheindrücke, d.h. Aniseikonie auf. Im Prinzip werden die beiden Hälften des Rechtecks den Augen jeweils getrennt

dargeboten. Im Normalfalle sieht der Proband zwei gleichgroße Hälften, deren obere und untere waagerechten Balken auf gleicher Höhe stehen. Bei Vorliegen von Aniseikonie ist die eine Hälfte größer bzw. kleiner als die andere, während bei Vorliegen von Heterophorie beide Hälften gleich groß, aber in der Hohe gegenseitig verschoben sind. Mischformen von Große- und Lageveranderungen ergeben sich bei gleichzeitigem Vorliegen von Aniseikonie und Heterophorie.

Die Ergebnisse der Prüfung wurden von den Probanden skizziert und ergaben grob schematisch die folgenden drei typischen Befunde:

Keine Heterophorie
Keine Aniseikonie
Proband Nr.: 1, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 14,
[illegible]



Heterophorie
mit oder ohne Aniseikonie
Proband Nr.: [illegible]

Aniseikonie
Proband Nr.: [illegible]

Die Häufigkeit des Vorliegens einer Heterophorie mit oder ohne begleitender Aniseikonie zeigt, daß der feste Rechtecktest zur Messung der Aniseikonie ungeeignet ist.

10. 9. 2. Q U A N T I T A T I V E P R J F U N G

Der verstellbare Aniseikonietest nach REINER, der bei dieser Untersuchung erstmalig angewandt wurde, entspricht im Prinzip dem Pola-Rechtecktest senkrecht. Der Vorteil des REINER'schen Aniseikonietestes besteht jedoch in der Möglichkeit des Ausgleichs von Heterophorien und der quantitativen Messung der Aniseikonie. Dies wird folgendermaßen bewerkstelligt: Durch eine Einstellschraube an der Rückseite des Testes können die waagerechten Balken der rechten Rechteckhälfte gegensinnig verstellt werden, wodurch diese Hälfte entweder vergrößert oder verkleinert werden kann. Grob schematisch ergeben sich demnach folgende Einstellmöglichkeiten:

Normalstellung

Recnts vergrößert

Rechts verkleinert

Der Proband hat die Aufgabe, ein vom Prüfer vergrößert oder verkleinert eingestelltes Ausgangsbild in die Normalstellung zu bringen. Dazu benutzt er ebenfalls die Einstellschraube des Testes, die er unter gleichzeitiger Beobachtung des Testobjektes bequem mit der rechten oder linken Hand bedienen kann. Der Test

ist beendet, wenn der Proband angibt, die Normalstellung erreicht zu haben. Bei Vorliegen von Aniseikonie wird nun die einzustellende Hälfte entweder größer oder kleiner als die Vergleichshälfte sein. Die quantitative Berechnung der Aniseikonie ergibt sich nun mittels Messung des Abstandes des waagerechten rechten vom linken Balken in mm. Unter Kenntnis der normalen Rechteckgröße erfolgt die Umrechnung des gefundenen Wertes in Prozent. Bei gleichzeitigem Auftreten von Aniseikonie und Heterophorie gelingt es dem Probanden nicht, die Normalstellung zu erreichen, da zu der Veränderung der Größe eine Verlagerung des Rechteckhälfte nach oben bzw. unten hinzutritt. In diesem Fall wird der Proband aufgefordert, nur die oberen waagerechten Balken in Übereinstimmung zu bringen, wodurch die Heterophorie ausgeglichen wird. Die Messung der Aniseikonie erfolgt dann wie oben angegeben.

Die Untersuchung zeigte, daß die Prüfung der Aniseikonie mit der gegebenen verstellbaren Figur relativ gut reproduzierbar möglich ist. Dieses geht aus dem Vergleich der Ergebnisse für unendlich und 5m hervor (siehe Zusammenfassung der Ergebnisse im Anhang). Auch hier muß, wie bei allen Polarisationstesten, die Spalte für 0,35m unberücksichtigt bleiben. Aus der kurzen Entfernung erschien die Figur bereits unter einem zu großen Winkel, so daß der Vergleich der Größe der beiden Figuren nicht mehr sicher möglich war. Aus diesem Grunde konnten dort keine Meßwerte gefunden werden. Dagegen besteht eine recht gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der beiden ersten Spalten.

Im Vergleich der Ergebnisse der Aniseikonie mit denjenigen der Dreistrichprobe zeigte sich wohl, daß die Probanden, die eine Aniseikonie besitzen, die Dreistrichprobe nur ungenau haben einstellen können (z.B. Nr. 2, 5, 12, 13, 14, 18, 22, 26).

Abb. 14 verdeutlicht diesen Sachverhalt, wobei Probanden, welche die räumliche Anordnung der Stäbchen in der Dreistrichprobe nicht erkennen konnten, unberücksichtigt blieben. Die Aniseikonie hat demnach einen nachteiligen Einfluß auf die Qualität des stereoskopischen Sehens.

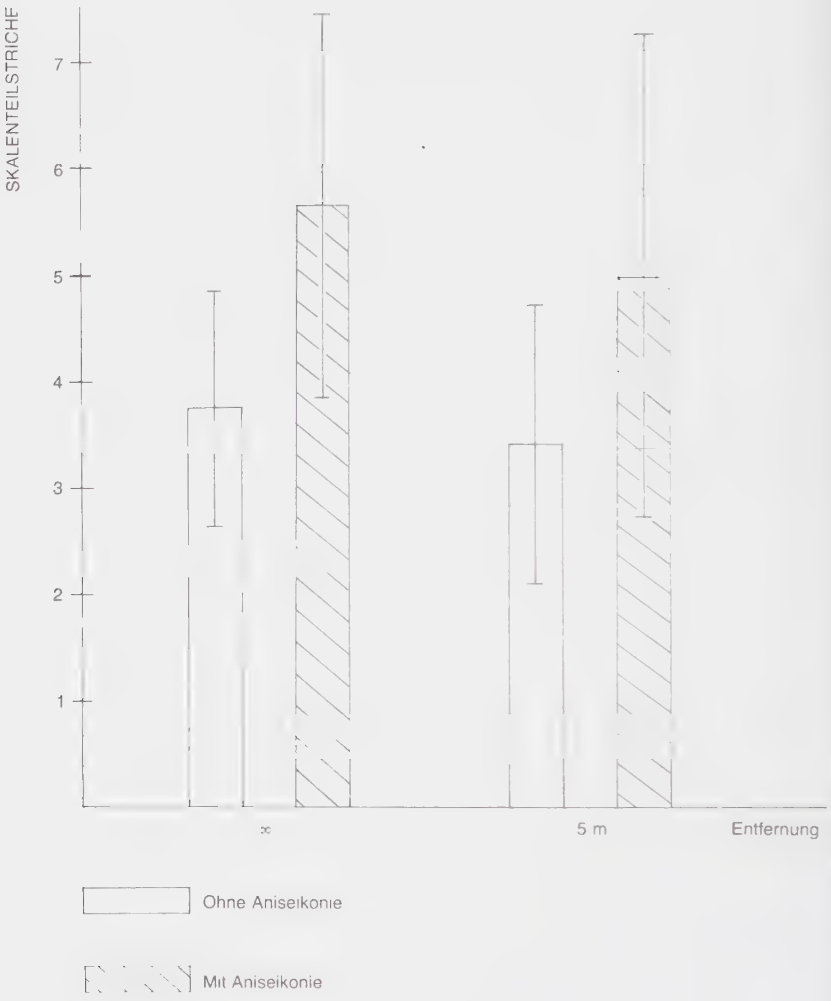


Abb. 14: Vergleich der durchschnittlichen Einstellfehler und ihrer Streuung bei Probanden mit und ohne Aniseikonie (n=23 bei unendlich, n=25 bei 5m).

11. VIER AUSGEWÄHLTE FÄLLE

11.1. SCHLECHTES STEREOSKOPISCHES SEHEN / HETEROPHORIE

Proband Nr. 24

Die Probandin wies einen relativ schlechten Fernvisus auf und zeigte eine Dissoziation des Worth-Testes bei 1m Entfernung. Die Einstellfehler bei der Dreistrichprobe waren relativ groß, während der Polarisations-Zifferntest auch in seiner höchsten Schwierigkeitsstufe richtig erkannt wurde. Die Prüfung auf qualitative Aniseikonie zeigte das Vorliegen einer Aniseikonie bei unendlich und 5m, während der verstellbare Aniseikonietest keine meßbare Aniseikonie ergab. Dies spricht dafür, daß bei Vorliegen einer Heterophorie und relativ schlechten stereoskopischen Sehens, der Seheindruck eines Auges supprimiert wurde, da die Prüfung auf quantitative Aniseikonie ein genaueres Sehen erforderte.

11.2. GUTES STEREOSKOPISCHES SEHEN / KEINE ANISEIKONIE

Proband Nr. 8

Der Proband wies einen guten Fernvisus auf und zeigte keine Dissoziation im Worth-Test. Die Dreistrichprobe ergab ein gutes stereoskopisches Sehen. Der Polarisations-Zifferntest wurde in allen Schwierigkeitsstufen erkannt. Es lag weder qualitativ noch quantitativ eine meßbare Aniseikonie vor.

11.3. S C H L E C H T E S S T E R E O S K O P I S C H E S

Proband Nr. 12

Der Proband wies einen guten Fern- und Nahvisus auf und zeigte keine Dissoziation im Worth-Test. Große Ungenauigkeiten ergaben sich bei der Dreistrichprobe. Der verstellbare Aniseikonietest ergab eine Aniseikonie von 6,4 % bei unendlich und 5,6 % bei 5m Entfernung. Dieser Proband zeigt demnach den ungünstigen Einfluß der Aniseikonie auf das stereoskopische Sehen.

11.4. G

Proband Nr. 23

Die Probandin wies einen relativ schlechten Fernvisus bei guten Nahvisus auf. Der Worth-Test ergab keine Dissoziation. Die Dreistrichprobe brachte gute Ergebnisse, auch der Polarisation Zifferntest wurde in allen Schwierigkeitsstufen erkannt. Die Aniseikonieprüfung ergab jedoch eine Aniseikonie von 4 % bei unendlich und 3,2 % bei 5m. Bei dieser Probandin wurde demnach der Einfluß der Aniseikonie auf das stereoskopische Sehen nicht deutlich.

12. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSBEMERKUNG

27 emmetrope und ametrope Probanden wurden untersucht, um Beziehungen zwischen stereoskopischem Sehen, d.h. Binokularsehen, und der Aniseikonie aufzuzeigen. Zu diesen Untersuchungen wurde ein Prototyp des Binoptometers nach REINER erstmalig verwandt. Somit ergeben sich für die vorliegende Dissertation zwei unterschiedliche, einander aber ergänzende Ergebnisbereiche. Diese beinhalten zum einen die Ergebnisse bei der Prüfung auf Binokularsehen und Aniseikonie, zum anderen die Ergebnisse in Bezug auf Handhabung und Beurteilung des Binoptometers.

12.1. BINOKULARSEHEN UND ANISEIKONIE

Um möglichst viele Faktoren zu erfassen, die das räumliche Sehen beeinflussen, wurden außer der Bestimmung des Visus, der Heterophorie, der Stereopsis und der Aniseikonie mit dem Binoptometer, die Hornhautkrümmungen mit dem Littmann-Ophthalmometer, sowie die Pupillendifferenz gemessen. Alle Meßwerte sind im Anhang tabellarisch wiedergegeben. Die Größe der Pupillendifferenz zeigte keinen Einfluß auf das stereoskopische Sehen. Demgegenüber zeigten Probanden mit niedrigen Fernvisuswerten ein eingeschränktes stereoskopisches Sehen, wobei allerdings auch Ausnahmen vorkamen. Da auch Nichtkorrigierte mit Hornhautastigmatismus einen hohen Nah- und Fernvisus erreichten, blieben sie in Bezug auf das stereoskopische Sehen unauffällig.

Eine laterale Heterophorie lag bei nur 3 Probanden in 1m Entfernung vor und konnte somit unberücksichtigt bleiben.

Die Messung der Aniseikonie zeigte, daß der größte Teil der Probanden, welche eine Aniseikonie aufwiesen, auch schlechteres stereoskopisches Sehen besaß.

12. 2. HANDHABUNG UND EIGENSCHAFTEN DES BINOPTOMETERS

Das Binoptometer, durch welches beliebige flächenhafte oder räumliche Testobjekte in den freien Raum aberrationsfrei abgebildet werden können, war einfach zu handhaben und stellte in Bezug auf die Durchführung der verschiedenen Untersuchungen keine zu hohen Anforderungen an die Probanden. Vorteilhaft war die Möglichkeit, die Testobjekte in jeder beliebigen Entfernung zwischen 0,35m und mathematisch unendlich darzubieten, ohne das natürliche Verhältnis zwischen Akkommodation und Konvergenz zu stören.

Die Untersuchung der emmetropen und ametropen Probanden zeigte dabei folgende Besonderheiten des Binoptometers auf:

Für unendlich und 5m wurden grundsätzlich tiefere Visuswerte erzielt als für 0,35m, weil bei der normalen Beobachtung der Orte der Augenpupillen nicht in der Brennebene des Hohlspiegels des Gerätes lag. Somit müßte beim Binoptometer für genaue Visusmessungen der Ort der Beobachteraugen genau definiert werden,

d.h. er müßte in der Brennweite vom Hohlspiegel des Gerätes liegen.

Bei der Dreistrichprobe ergaben sich größere Ungenauigkeiten bei der Einstellung der Testobjekte auf mathematisch unendlich. Dies ließ sich dadurch erklären, daß einer der Balken dieser Probe aus mathematisch unendlich in einen virtuellen Objektbereich geriet, auf den die Augen des Beobachters nicht akkommodieren konnten.

Die höhere Einstellgenauigkeit bei 0,35m gegenüber größeren Entfernungen war auf den gleichen Effekt zurückzuführen wie der höhere Visus für die Nähe.

Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Koinzidenztestes mit denen der Dreistrichprobe zeigten, daß der Koinzidenztest für die qualitative Prüfung der Stereopsis nicht geeignet ist.

Ungeeignet waren ebenfalls polarisierte Figuren der verwendeten Art, da derartige Bilder auch von Probanden erkannt wurden, die bei der Dreistrichprobe relativ ungenaue Einstellwerte erzielten.

Bezüglich der Aniseikoniemessung zeigte sich, daß der verstellbare Aniseikonietest nach REINER zuverlässigere Werte ergab als der Rechtecktest senkrecht. Zum einen deckte er das Vorliegen von Aniseikonie bei Probanden auf, die bei dem Rechtecktest senkrecht nicht zum Vorschein kam, zum anderen konnten mit ihm

eventuell vorhandene Heterophorien ausgeglichen werden.

Die vorliegende Arbeit bestätigt also den Zusammenhang von Aniseikonie und Binokularsehen bei emmetropen und ametropen Probanden und zeigt, daß Messungen zur Aniseikonie mit dem Binoptometer nach REINER gegenüber anderen Verfahren zahlreiche Vorteile bietet. Daraus leitet sich die Folgerung ab, dieses Gerät auch klinisch, z.B. zur Untersuchung einseitig Aphaker, einzusetzen, um Hinweise über die Auswirkungen der verschiedenen Korrektionsverfahren auf das binokulare Sehen der Patienten zu erhalten.

13. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

AMES, A.:
The space eikonometer test for aniseikonia.
Am. j. ophth. 28, 248-262 (1945)

AMES, A.:
Aniseikonia.
Am. j. ophth. 18, 1014 (1935)

AMES, A., OGLE, K.N.:
Size and shape of ocular images.
III. Visual sensivity to differences in the relative size of the ocular images of the two eyes.
A.M.A. Arch. Opnth. 7, 904-924 (1932)

AMES, A., GLIDDON, G.H., OGLE, K.N.:
Size and shape of ocular images.
I. Methods of determination and physiologic significance.
A.M.A. Arch. Ophth. 7, 576-597 (1932)

AULHORN, E.:
Die Messung der Aniseikonie mit dem Phasendifferenzhaploskop.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 168, 272 (1976)
- Manuskript des Vortrages, gehalten auf der 48. Versammlung der Vereinigung Rhein.-Mainischer Augenärzte im Juni 1975 lag dem Verfasser vor.

AULHORN, E.:
Retinale Aniseikonie.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 172, 926 (1978)

AULHORN, E.:
Phasendifferenz-Haploskopie. Eine neue Methode zur Trennung der optischen Eindrücke beider Augen.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 148, 540-544 (1966)

BANNON, R.E.:
Aniseikonia and space perception - After 50 years.
Am. J. Optom. 47, 423-438 (1970)

BANNON, R.E.:
Clinical Manual Of Aniseikonia.
American Optical Co., New York 1954

BERENS, C.:
A study of 288 patients examined with the ophthalmoeikonometer.
Brit. J. Ophth. 21, 132 (1937)

BERG, F.:
Über die optischen Eigenschaften der Iseikonglaser.
Acta ophthalm. 16, 228-234 (1938)

BIELSCHOWSKY, A.:
Aniseikonia.
Acta ophthalm. 16, 188-227 (1938)

BLUM, J.D.:
Aphakie unilatérale et verres de contact.
Bibl. ophth. B. 123, 284 (1959)

BOUDRY, C.:
L'aniseikonie (1).
Ann. oc. 194, 1048-1079 (1961)

BOUMA, P.J.:
Sehschärfe und Wahrnehmungsgeschwindigkeit bei der Straßenbeleuchtung.
Philips Tech. Rev. 1, 315-320 (1936)

BRECHER, G.A.:
Aniseikonie und Fusion.
v. Graefes Arch. Ophth. 147, 17-53 (1947)

BURIAN, H.M.:
Clinical significance of aniseikonia.
A.M.A. Arch. Ophth. 29, 116-133 (1943)

BURIAN, H.M.:
Influence of prolonged wearing of meridional size lenses on spatial localisation.
A.M.A. Arch. Ophth. 30, 645-666 (1943)

CARLETON, E.H., MADIGAN, I.F.:
Relationship between aniseikonia and ametropia.
A.M.A. Arch. Ophth. 18, 237 (1937)

CATTANEO, A.:
Ann. Ot. 55, 345 (1927)

CULBERTSON, H.:
Binocular Astigmatism.
J. Am. Med. Ass. 11, 622-625 (1888)

DELOGE, F.:
Anisométropie et vision binoculaire.
(Thèse), Paris (1906)

DONDERS, F.C.:
Anomalies of accommodation and refraction of the eye.
London (1864)

DUANE, H.C.:
Anisometropia.
A.M.A. Arch. Opth. 30, 621-644 (1901)

DUKE-ELDER, S. SIR:
Aniseikonia.
In: System of ophthalmology, Vol.V: Ophthalmic optics and refraction, Chapter XIII, p.513-534
London, Henry Kimpton 1970

DYER, J.A., [illegible]:
Correction of unilateral aphakia with contact lenses.
Am. j. ophth. 50, 11-17 (1960)

ERGGELET, [illegible]:
Ein Beitrag zur Frage der Anisometropie.
Z. Psychol. Physiol. Sinnesorg. 49, 326 (1914/1915)

GERNET, H.:
Ein Beitrag zur augenseitigen Optik.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 165, 309-314 (1974)

GERNET, H.:
Objektive Aniseikoniemessung: erste klinische Ergebnisse.
Bibl. ophth. B. [illegible]

GERNET, H., OSTHOLT, H.:
Objektive Aniseikoniemessung: Grundlagen und Möglichkeiten.
Bibl. ophth. B. 83, 287-293 (1975)

GERNET, H., OSTHOLT, H., WERNER, H.:
Neue klinische Grundlagen zur Binkhorst-Linseneinpflanzung bei Altersstar.
123. Versammlung des Vereins Rhein.-Westfälischer Augenärzte, [illegible]

GILLOTT, H.F.:
The effect on binocular vision of variations in the relative sizes and levels of illumination of the ocular images.
Brit. J. phys. Opt. 14, 43-58 (1957)

GRAMONT DE, A.:
De la grandeur relative des deux images rétiniennes dans certaines amétropies.
C. R. Acad. Sci. 213, 963 (1941)

GREEN, W.:
Trans. Am. ophthal. Soc. 5, 449 (1889)

HARDY, G.:
Aniseikonia.
Am. j. ophth. 20, 599-604 (1937)

HARTINGER, H.:
Brillen für Anisometropie und Aniseikonie.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 100, 278 (1938)

HERZAU, W.:
Eikonometrie mit neuen Geräten.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 117, 547 (1950)

HERZAU, W.:
Erfahrungen bei Messung und Ausgleich von Aniseikonie.
60. Ber. Dtsch. Ophth. Ges. Heidelberg, 24-27 (1956)

HERZAU, W.:
Aniseikonia.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 105, 94 (1940)

HERZAU, W., AULHORN, E.:
Untersuchung des Stereosehens mit dem Phasendifferenzhaploskop.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 167, 413-420 (1975)

HERZAU,W., OGLE, K.N.:
Über den Größenunterschied der Bilder beider Augen bei asymetrischer Konvergenz und seine Bedeutung für das zweiäugige Sehen.
v. Graefes Arch. Ophth. 137, 327-363 (1937)

HUGHES, W.L.:
Aniseikonia.
Am. j. ophth. 19, 686-688 (1936)

HUGHES, W.L.:
Aniseikonia in emmetropia.
Am. j. ophth. 20, 887-890 (1937)

HUGHES, W.L.:
Some clinical observations on aniseikonia.
Am. j. ophth. 18, 715-719 (1935)

HUGHES, W.L.:
Aniseikonia.
Am. j. ophth. 18, 607-615 (1935)

LANCASTER, W.B.:
Nature, scope and significance of aniseikonia.
A.M.A. Arch. Ophth. 23, 747-769 (1940)

LANCASTER, W.B.:
Aniseikonia.
A.M.A. Arch. Ophth. 20, 907-912 (1938)

LEURIDIAN, O., NOORDENBOS, A.:
Binocular vision in unilateral aphakia corrected by contact lens.
In: Winkelmann, J., Crone, R: Perspectives in ophthalmology, Vol.II, 189-195, Exc. med., Amsterdam 1970

LIPPINCOTT, H.:
Trans. Am. ophthal. Soc. 5, 560 (1890)

MACNIE, J.P.:
Clinical aniseikonia.
A.M.A. Arch. Ophth. 41, 515-521 (1949)

MÜTZE, K.:
Binokulares Sehen.
In: Verhoeff, K.: Der Augenarzt, Bd.I, 181-184, Thieme, Leipzig 1922

NOTEBOOM, E.:
Aniseikonie und iseikonische Gläser.
Optische Rundschau und Photo-Optiker 31, 157-173 (1940)

NOTEBOOM, E.:
Über Aniseikonie.
Mschr. Feinmech. u. Optik 70, 177 u. 204 (1953)

NOTEBOOM, E.:
Die optischen Verhältnisse bei der Aniseikonie und bei ihrer Korrektion.
4. Sonderdruck d. Wissenschaftl. Vereinig. d. Augenoptiker, 17-27 (1955)

OGLE, K.N.:
The correction of aniseikonia with ophthalmic lenses.
J. Opt. Soc. Am. 26, 323-337 (1936)

OGLE, K.N.:
Ophthalmic lens testing instrument.
J. Opt. Soc. Am. 33, 137 (1943)

PIPER, H.F.:
Untersuchungen zum Aniseikonieproblem.
56. Ber. Dtsch. Ophtnalm. Ges. Heidelberg, 75-78 (1949)

POST, L.T., et al.:
An evaluation of aniseikonia after twelve years.
Am. j. ophth. 29, 742-745 (1946)

REINER, J.:
Beitrag zur Abbildungstheorie korrigierter achsensymetrischer und astigmatischer Augen.
Fortschr. Augenheilk. 19, 100-156 (1968)

REINER, J.:
Ein neues Gerät zur Prüfung des binokularen Sehens.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 170, 147-154 (1977)

RISLEY, H.:
Ophth. Rec. 8, 389 (1899)

RÖHR, W.-D.:
Phasendifferenzhaploskop mit Varioobjektiv zur Messung der Aniseikonie.
Klin. M. Bl. Augen Hlkd. 166, 129-131 (1975)

SACHSENWEGER, R.:
Eikonometrie.
In: Straub: Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden, Kap.XVI, 328-341 1976

SACHSENWEGER, R.:
Aniseikonie.
In: Velhagen, K.: Der Augenarzt, Bd.II, 425-448, Thieme, Leipzig 1959

SACHSENWEGER, R.:
Pathologie und Klinik der Refraktionsanomalien.
In: Velhagen, K.: Der Augenarzt, Bd.II, 946-971, Thieme, Leipzig 1972

SCHOBER, H.:
Die Aniseikonie von der physiologisch - optischen Seite her gesehen.
4. Sonderdruck d. Wissenschaftl. Vereinig. d. Augenoptiker, 14-17 (1955)

TOWN, A.E.:
Contact glasses for correction of refractive errors in monocular aphakia.
A.M.A. Arch. Ophth. 21, 1021 (1939)

WADSWORTH, C.:
Trans. Am. ophthal. Soc. 2, 342 (1876)

ZOUBEK, R.:
Eine neue Methode der Aniseikoniekorrektion.
Mschr. Feinmech. u. Optik 80, 274-280 (1963)

14. D A N K S A G U N G

Herrn Prof. Dr. med. H. J. Küchle danke ich für sein förderndes Interesse an dieser Arbeit.

Herrn Priv. Doz. Dr. med. E. Damaske möchte ich für die Anregung zu dieser Arbeit und die freundliche Überlassung des Themas meinen Dank aussprechen.

Mein Dank gilt weiterhin insbesondere Herrn Priv. Doz. Dr. J. Reiner für sein großes Interesse an meiner Arbeit und für seine praktischen Ratschläge und Hilfen bei der Abfassung der Arbeit.

15. L E B E N S L A U F

Am 27.9.1954 wurde ich, Jürgen Laudert, als zweites Kind des Repro-Fotographen Karl-Heinz Laudert und seiner Ehefrau Ruth Laudert, geb. Fiebig, in Duisburg geboren.

Nach Besuch der Ev. Volksschule am Hochfelder Markt in Duisburg von 1961 bis 1965 wechselte ich auf das Gymnasium Georgianum in Vreden über, an welchem ich das Abitur im Jahre 1973 bestand.

Im gleichen Jahr begann ich das Medizinstudium an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, an welcher ich die ärztliche Vorprüfung im Jahre 1975, den ersten Abschnitt der ärztlichen Prüfung im Jahre 1977, den zweiten Abschnitt im Jahre 1979 und den dritten Abschnitt im Jahre 1980 erfolgreich ablegte.

16. ANHANG

16. 1. ANMERKUNGEN ZUR TABELLARISCHEN ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Die aufgeführten Hinweise beziehen sich auf die Auswertung der folgenden tabellarischen Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

Spalte 1
Aufgeführt ist die jeweilige Nummer der untersuchten Probanden.

Spalte 2
Aufgeführt ist das jeweilige Alter der untersuchten Probenden am Untersuchungstermin.

Spalte 3
Aufgeführt ist das jeweilige Geschlecht der untersuchten Probanden.

Spalte 4
Aufgeführt ist, ob der jeweilige Proband eine Korrektur trug. Die genaue Angabe über Art und Stärke der Korrektion ist für die in Frage kommenden Probanden in der Kasuistik angegeben.

Spalte 5
Aufgeführt ist die jeweilige Pupillendifferenz der untersuchten Probanden.

Spalte 6
Aufgeführt sind die am Littmann-Ophthalmometer gemessenen Werte der Hornhautkrümmungen für das rechte und linke Auge, wobei sich der erste Wert auf den senkrechten, der zweite Wert auf den waagerechten Durchmesser bezieht.

Spalte 7

Aufgeführt ist der für das rechte und linke Auge monokular gemessene Visus in den Entfernungen unendlich, 5m und 0,35m. Als gemeinsamer Visus beider Augen wird in dieser Arbeit der jeweils höchste in der betreffenden Entfernung gefundene Wert herangezogen.

Spalte 8

Aufgeführt sind die Ergebnisse des Worth-Testes für die Entfernungen 5m und 1m. Das Pluszeichen (+) zeigt an, daß keine Dissoziation besteht, während das Vorliegen einer Dissoziation mit (D) gekennzeichnet ist.

Spalte 9

Aufgeführt sind die Ergebnisse der Dreistrichprobe für die Entfernungen unendlich, 5m und 0,35m. Die angegebenen Zahlen geben den durchschnittlichen Fehler in Skalenteilstrichen wieder, den der Proband bei jeweils 10 verschiedenen Einstellungen machte.
Dabei gilt für eine Pupillendifferenz von 65mm die Gesetzmäßigkeit: 1 Teilstrich = 1 Winkelminute.
Das Minuszeichen (-) zeigt an, daß der betreffende Proband nicht in der Lage war, die räumliche Anordnung der Stäbchen zu erkennen.

Spalte 10

Aufgeführt sind die Ergebnisse des Koinzidenztestes für die Entfernungen unendlich, 5m und 0,35m. Für die Auswertung gelten die oben genannten Angaben (Spalte 9) zur Dreistrichprobe.

Spalte 11

Aufgeführt sind die Ergebnisse des Polarisations-Dreiecktestes für die Entfernungen unendlich, 5m und 0,35m.
Das Pluszeichen (+) zeigt an, daß der Proband die räumliche Anordnung des Testes erkannte.
Das Minuszeichen (-) zeigt an, daß der Proband nicht in der Lage war, die räumliche Anordnung des Testes zu erkennen.

Spalte 12

Aufgeführt sind die Ergebnisse des Polarisations-Zifferntestes für die Entfernungen unendlich, 5m und 0,35m. Die Höhe der Ziffer gibt an, bis zu welcher Reihe der Proband in der Lage war, die räumliche Anordnung einer bestimmten polarisierten Ziffer zu erkennen, wobei der Schwierigkeitsgrad von Reihe 1 bis 7 ansteigt.

Spalte 13

Aufgeführt sind die Ergebnisse der qualitativen Aniseikonieprüfung für die Entfernungen unendlich, 5m und 0,35m.
Das Pluszeichen (+) zeigt das Vorhandensein einer Aniseikonie an, das Minuszeichen (-) deren Fehlen.
Die Angabe darüber, ob die Aniseikonie mit einer Heterophorie vergesellschaftet ist, findet sich im Abschnitt "Prüfung der Aniseikonie (10. 9.)".

Spalte 14

Aufgeführt sind die Ergebnisse der quantitativen Aniseikoniemessung für die Entfernungen unendlich, 5m und 0,35m. Die Angabe erfolgt in Prozent, bezogen auf die Bildvergrößerung im Aniseikonietest nach REINER.

16.2. TABELLARISCHE ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Nr.	Alter	Geschlecht	Korrektion	PD	Hornhautkrümmung RA		Hornhautkrümmung LA		Visus RA			Visus LA			Worth-Test		Dreistrichprobe			Koinzidenztest			Pol.-Dreiecktest			Pol.-Zifferntest			Aniseikonie-Test (1)			Aniseikonie-Test (2)		
					senkr.	waager.	senkr.	waager.	∞	5m	0,35m	∞	5m	0,35m	5m	1m	∞	5m	0,35m	∞	5m	0,35m	∞	5m	0,35m	∞	5m	0,35m	∞	5m	0,35m	∞	5m	0,35m
1	24	mannl.	nein	65	7,95	8,00	8,00	8,00	1,00	1,60	2,00	0,80	1,60	2,00	+	+	4,1	1,1	0,6	0,1	0,0	0,0	+	+	+	7	7	7	-	-	-	4,8	4,0	0,0
2	22	mannl.	ja	69	8,05	8,05	8,10	8,10	0,80	1,00	2,00	0,80	1,00	2,00	+	+	9,8	2,2	1,6	0,1	0,2	0,1	+	+	+	7	7	7	+	+	-	2,4	4,0	0,0
3	21	weiol.	nein	60	7,50	7,71	7,50	7,71	1,60	1,60	2,00	1,25	1,25	2,00	+	D	3,3	0,6	0,5	0,8	0,9	0,4	+	+	+	7	7	7	+	+	-	2,4	2,4	0,0
4	22	weibl.	nein	60	7,89	7,98	7,90	8,03	1,25	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	+	+	-	-	-	1,6	1,9	0,3	+	+	+	7	7	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
5	27	weibl.	ja	65	7,65	7,70	7,90	7,98	0,40	0,40	1,00	1,25	1,60	1,60	+	+	-	7,9	1,5	3,1	0,4	0,0	+	+	+	7	7	7	+	+	-	4,8	4,8	0,0
6	23	weibl.	nein	60	8,00	8,24	8,04	8,31	1,60	1,60	2,00	1,25	1,25	1,60	+	+	5,0	1,8	1,6	1,8	1,2	0,1	+	+	+	4	4	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
7	25	mannl.	nein	65	7,70	7,85	7,78	7,93	0,63	0,63	2,00	0,80	1,60	2,00	+	+	1,3	2,6	0,0	1,9	0,5	1,0	+	+	+	7	7	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
8	26	mannl.	ja	65	8,02	8,31	8,00	8,29	1,25	1,60	2,00	1,25	1,25	1,60	+	+	2,0	1,7	1,7	1,5	1,7	0,9	+	+	+	7	7	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
9	33	weibl.	nein	65	7,65	7,85	7,96	7,93	1,25	1,25	1,25	0,80	0,80	1,25	+	+	2,0	1,9	1,1	2,1	1,1	0,8	-	-	+	5	6	7	+	+	-	8,0	4,0	0,0
10	27	mannl.	ja	60	7,60	7,75	7,56	7,73	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	+	+	6,4	9,4	2,7	0,4	0,6	0,4	+	+	+	7	7	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
11	24	mannl.	nein	68	7,90	8,13	7,85	8,05	1,60	2,00	2,00	1,25	1,60	2,00	+	+	3,7	2,5	0,4	0,1	0,1	0,0	+	+	+	7	7	7	-	-	-	2,4	0,8	0,0
12	18	weibl.	ja	60	7,33	7,60	7,35	7,61	1,60	1,60	2,00	1,00	1,60	2,00	+	+	4,9	5,9	0,8	1,6	1,4	0,1	+	+	+	7	7	7	+	-	-	2,4	2,4	0,0
13	26	mannl.	nein	65	7,63	7,82	7,60	7,90	1,60	1,60	2,00	1,60	1,60	2,00	+	+	9,4	8,3	1,8	0,6	1,0	0,0	+	+	+	6	7	7	+	+	-	6,4	5,6	0,0
14	24	mannl.	nein	65	8,15	8,25	8,25	8,45	1,60	1,60	2,00	1,60	1,60	1,60	+	+	9,1	4,2	0,7	0,8	0,5	0,0	+	+	+	6	6	6	-	-	-	4,8	4,8	0,0
15	26	weibl.	nein	60	7,80	7,95	7,78	7,95	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	+	+	4,4	2,5	1,1	1,2	0,3	0,0	+	+	+	7	7	7	+	+	-	4,0	3,2	0,0
16	39	mannl.	ja	65	8,00	8,00	7,96	7,95	1,60	1,60	2,00	1,25	1,25	2,00	+	+	3,1	5,6	1,0	0,5	0,7	0,2	+	+	+	7	7	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
17	26	mannl.	nein	65	8,29	8,23	8,19	8,22	1,60	1,60	1,60	1,25	1,25	1,60	+	+	3,0	2,6	0,4	4,9	0,5	0,0	-	-	+	0	3	7	+	+	-	6,4	5,6	0,0
18	30	weibl.	ja	62	7,60	7,93	7,70	7,88	0,63	1,25	1,60	0,50	0,63	1,60	+	D	12,6	17,3	1,2	2,4	1,5	0,4	+	+	+	2	2	7	+	+	+	8,0	4,8	0,0
19	34	mannl.	nein	63	7,30	7,45	7,28	7,45	1,25	1,25	1,60	1,25	1,00	1,60	+	+	2,4	1,3	1,2	0,5	0,6	0,4	+	+	+	4	5	6	-	-	-	0,0	0,0	0,0
20	19	weibl.	nein	58	7,72	7,90	7,77	7,93	1,25	1,60	2,00	1,25	1,25	2,00	+	+	-	-	0,6	-	2,2	0,4	-	+	+	4	4	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
21	26	mannl.	ja	59	7,26	7,40	7,30	7,44	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	+	+	3,2	2,7	0,8	0,0	0,0	0,0	+	+	+	7	7	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
22	29	weibl.	nein	60	7,58	7,62	7,58	7,66	0,80	0,80	0,80	1,60	1,60	2,00	+	+	5,8	5,9	-	1,6	0,9	1,0	+	+	+	4	4	5	+	+	-	1,6	4,0	0,0
23	29	weibl.	ja	55	8,30	8,75	8,00	8,26	0,80	0,80	1,60	0,50	0,63	1,60	+	+	1,2	1,7	0,5	1,3	0,6	0,1	+	+	+	7	7	7	+	+	+	4,0	3,2	0,0
24	24	weibl.	ja	61	8,18	8,10	8,12	8,10	1,25	1,25	1,60	1,60	1,25	2,00	+	D	6,6	3,3	0,7	1,7	0,9	0,3	+	+	+	7	7	7	+	+	-	0,0	0,0	0,0
25	37	mannl.	nein	80	7,85	8,07	7,90	8,08	1,25	1,60	2,00	1,25	1,25	2,00	+	+	5,0	2,4	1,3	0,5	0,0	0,0	+	+	+	7	7	7	-	-	-	0,0	0,0	0,0
26	20	weibl.	ja	64	8,55	8,62	8,50	8,52	1,60	1,60	2,00	1,60	1,60	2,00	+	+	-	9,4	1,1	3,3	1,2	0,0	+	+	+	7	7	7	+	+	-	4,8	4,8	0,0
27	31	mannl.	ja	61	7,78	7,80	7,80	7,84	1,60	1,60	1,60	1,25	1,00	1,60	+	+	2,5	3,1	0,3	0,5	0,1	0,0	+	+	+	7	7	7	+	+	-	0,0	0,0	0,0